

# DER PHYSIK UND CHEMIE.

## BAND LXXIV.

### I. Ueber Intensitätsbestimmung der magnetischen und diamagnetischen Kräfte; von Plücker.

#### §. 1.

##### Allgemeine Betrachtungen.

1) Unter Intensität des Magnetismus einer Substanz verstehe ich die Intensität derjenigen Kraft, mit welcher diese Substanz in der Nähe eines Poles, in Folge der magnetischen Induction, von demselben angezogen wird. Es kommt zunächst darauf an, einen Gesichtspunkt aufzustellen, unter dem wir diesen Magnetismus, der specifisch von der Natur der Substanz abhängig ist, für verschiedene Substanzen mit einander vergleichen können. Indem wir hierbei von irgend einer Substanz ausgehen, lassen sich alsdann die Intensitäten derselben, ähnlich wie zum Beispiel die specifische Wärme, durch absolute Zahlen ausdrücken.

2) Nehmen wir etwa ein Uhrglas und schleifen den Rand desselben auf einer matten Glasplatte so ab, dass diese genau dasselbe verschließt, so können wir dasselbe mit einer Flüssigkeit bis über den Rand anfüllen, und diese dann mit dem, als Deckel dienenden, matten Glase abstreichen. Dann sind wir sicher, dass die eingeschlossene Flüssigkeit bei derselben Form genau dasselbe Volumen einnimmt. Füllen wir nach einander das Uhrglas mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten, und wird dasselbe dann von einem Magnetpole, auf den es immer in gleicher Weise aufgesetzt wird, gleich stark festgehalten, so sind die beiden Flüssigkeiten *gleich stark* magnetisch. Wenn überhaupt die Anziehung der beiden Flüssigkeiten verschieden ist, so setzen wir die Intensität des Magnetismus derselben *dieser Anziehung proportional*. Die Berechtigung hiezu ist

in den nächsten Nummern von theoretischer und experimentaler Seite nachzuweisen.

3) Sind die beiden Flüssigkeiten zum Beispiel Lösungen zweier verschiedener Eisenverbindungen und befinden sich in gleichen Volumen von beiden eine gleiche Anzahl von Eisenatomen, so sind, in beiden Fällen, diese Atome im Innern des Uhrglases ganz in derselben Weise vertheilt und haben gegen den Magnetpol genau dieselbe Lage: das Verhältnis der Anziehung der ganzen Flüssigkeitsmassen ist dann als das Verhältnis des Magnetismus der Eisenatome in der zwiefachen chemischen Verbindung anzusehen. Denn, wenn zwei kleinste Theilchen magnetischer Substanzen, nach einander an dieselbe Stelle gebracht, Anziehungen erleiden, die in irgend einem Verhältnisse stehen, so ändert sich dieses Verhältnis auch dann nicht, wenn beide Theilchen nach einander an *dieselbe andere Stelle* gebracht werden: eine Annahme, die wir nothwendig machen müssen, wenn magnetische Kräfte überhaupt in irgend einer bestimmten Weise mit der Entfernung abnehmen sollen. Und aus dieser Annahme folgt dann in mathematischer Weise, dass das Verhältnis der Anziehung der ganzen Massen auch das Verhältnis der Anziehung der einzelnen Atome ist: vorausgesetzt nur, *dass die Anziehung jedes einzelnen Atoms, wie sie von dem Magnetpole ausgeht, nicht durch die magnetische Erregung der übrigen Atome gestört wird, und die angezogene Masse nicht, rückwirkend, den Magnetismus jenes Magnetpols verstärkt*. Unter dieser Voraussetzung bleibt das Verhältnis der Massenanziehung auch dann unverändert, wenn wir die Form des Uhrglases mit irgend einer andern Form vertauschen, die nur *dieselbe* bleiben muss bei den mit einander zu vergleichenden Anziehungen.

Befinden sich da, wo früher ein Eisenatom sich befand, nun zwei, drei derselben Eisenatome, oder ist, mit andern Worten, in demselben Raume nun zwei, drei Mal so viel Eisen in einer bestimmten chemischen Verbindung *gleichmäßig vertheilt*, so ist, nach der obigen Schlusweise, die

Gröfse der Anziehung — in so weit sie unmittelbar von dem Magnetpole ausgeht — offenbar die doppelte, die dreifache.

4) Wenn die in Beziehung auf Magnetismus zu prüfende Substanz von schmalz- oder wachsartiger Consistenz ist, so können wir mit ihr, in ähnlicher Weise wie bei Flüssigkeiten, genau das Uhrglas anfüllen; eben so auch, wenn dieselbe sich in feines Pulver verwandeln lässt. In diesem letzteren Falle können wir, um die Anziehung zu schwächen, das Pulver namentlich mit frischem Schweineschmalze höchst gleichmässig vermengen und dann das Gemenge in das Uhrglas bringen.

Nehmen wir zum Beispiel einerseits möglichst fein zertheiltes Eisen und andererseits möglichst fein zertheiltes Nickel, beides *erstens* in gleicher Atomzahl oder auch *zweitens* in gleichem Gewichte, um es mit einer gegebenen Menge Schmalz zu vermengen, und füllen dann mit dem Gemenge das Uhrglas, so giebt das Verhältniss der Anziehung in der ersten Voraussetzung das *Verhältniss des Magnetismus der Atome* der beiden Metalle, oder, in der zweiten Voraussetzung, das *Verhältniss des Magnetismus dieser Metalle bei gleichem Gewichte*.

5) Um die Stärke der Anziehung zu bestimmen, bringe ich das Uhrglas mit seinem Inhalte und seinem Deckel in einen dünnen Ring von Messing, der an drei etwa 200<sup>mm</sup> langen Seidenfäden an einer Wage hängt, die hinreichend fein ist, um ein Milligramm anzugeben, und an der, außer der Axe des Wagbalkens, kein Eisen sich befindet. Um die Wirkung bei schwachen Kräften zu verstärken, bringe ich das Glas nicht mit einem einzelnen der beiden Pole des grossen Elektromagneten in Berührung, sondern ich lege auf diese die beiden Anker (C) auf <sup>1)</sup>, und nähere dieselben mit ihren abgerundeten Enden so, dass die geringste Entfernung derselben 6<sup>mm</sup> beträgt, und ajustire die Wage in der Art, dass das Uhrglas in dem Ringe, wenn die Wage tarirt ist, gleichzeitig jeden der beiden Halbanker, und zwar

1) Vergl. Annalen, Bd. 73, S. 550.

in einem einzigen Punkte, eben berührt. Nach Erregung des Magnetismus wird das Uhrglas angezogen. In die an dem andern Ende des Wagbalkens aufgehängte Schale wird so lange feiner Bleischrot und dann feiner Sand oder dünnes Papier in kleinen Stückchen aufgelegt, bis das Uhrglas von den Halbalkern abgerissen wird. Es findet dies mit der größten Regelmäßigkeit statt, und bei kleineren Kräften differiren, nach einiger Uebung, die Resultate verschiedener Abwägungen unter einander nicht um mehr als ein Paar Milligramme. Das Gewicht des zugelegten Schrotes und Sandes oder Papiers ist das Maas für die jedesmalige magnetische Kraft.

6) So wie wir die Intensität des Magnetismus der verschiedenen magnetischen Substanzen vergleichen können, so können wir auch die relativen Intensitäten des Diamagnetismus der verschiedenen diamagnetischen Substanzen bestimmen. Wir brauchen zu diesem Ende bloß die Abstossung, die solche Substanzen durch einen Magnetpol erfahren, zu messen, und können uns hierbei am besten wiederum der Wage mit der in der vorigen Nummer beschriebenen Vorrichtung bedienen. Zu dieser Absicht könnten wir die zu prüfende Substanz ursprünglich so tariren, daß dieselbe die beiden Halbunker eben berührt, und sie dann, nachdem sie durch Erregung des Magnetismus im Elektromagneten abgestossen worden, so lange allmälig belasten, bis sie wiederum die beiden Halbunker eben berührt. Oder wir könnten auch, bei erregtem Magnetismus, die Wage wie oben ajustiren, und wenn dann die Substanz, in Folge der Unterbrechung des Stromes, von den Halbalkern nicht mehr abgestossen wird, und also auf dieselben sich auflegt, so lange Gewichte in die Wagschale legen, bis die Substanz anfängt von den beiden Halbalkern sich wieder zu entfernen. Ich habe mich indefs für ein anderes Verfahren entschieden, *das eine viel genauere Bestimmung zuläßt.*

Mein Uhrglas und der Messingring, in dem es aufgehängt wird, sind beide magnetisch; bringe ich daher in ersteres irgend eine diamagnetische Substanz, so ist die An-

ziehung, die wir beobachten, der Ueberschuss der magnetischen Anziehung jener beiden ersten über die diamagnetische Abstosung dieser letztern. Jene Anziehung war stärker als die diamagnetische Abstosung fast aller von mir untersuchten Substanzen, so das das gefüllte Glas immer noch von den beiden Halbalkern festgehalten wurde, und wie ein magnetischer Körper abgezogen werden konnte. Subtrahiren wir hiernach von der Anziehung des leeren Glases die kleinere Anziehung des mit einer diamagnetischen Substanz gefüllten Glases, so erhalten wir die diamagnetische Abstosung, die diese letztere durch den Elektromagneten erfährt. Auf diese Weise können wir den Diamagnetismus der verschiedenen Flüssigkeiten und solcher Körper, denen wir überhaupt, namentlich auch durch Schmelzen, die Form des Innern des Uhrglases geben können, zunächst bei gleicher Form und gleichem Volumen mit einander vergleichen.

7) Um der in der 2. bis 4. Nummer aufgestellten Begriffsbestimmung von einem Molecular-Magnetismus und seiner relativen Stärke bei verschiedenen Substanzen eine sichere Basis zu geben, müssen wir vor Allem auf experimentalem Wege nachweisen, dass wenn in demselben Volume bei derselben Begrenzung in einem Falle  $m$  Mal so viel magnetische Molecule derselben Substanz gleichmässig vertheilt sind, als in einem andern Falle, die resultirende magnetische Anziehung in dem einen Falle auch  $m$  Mal so gross ist, als in dem andern — so lange wenigstens, als die magnetische Substanz noch nicht so dicht ist, dass die magnetische Erregung eines Theiles derselben auf die magnetische Erregung des andern Theiles einen merklichen Einfluss haben kann.

8) Ich wählte zuerst eine nicht gerade concentrirte *Auflösung von Eisenchlorür*, vermischt einen Theil derselben mit einem gleichen Volume destillirten Wassers, so dass die Mischung in demselben Volume nur die Hälfte der ursprünglichen Eisenchlorürlösung — und also auch nur die Hälfte des ursprünglichen Eisenchlorürs, und nur die

Hälfte des ursprünglichen Eisens — enthielt. Diese Mischung wurde wiederum auf das Doppelte verdünnt, und die so verdünnte Lösung nochmals auf das Doppelte. Hier-nach verhielten sich in den vier Lösungen, die wir durch I, II, III und IV bezeichnen wollen, bei gleichem Volume die Mengen der gleichmäsig vertheilten magnetischen Substanz, wie:

$$8 : 4 : 2 : 1.$$

Das eben erwähnte Uhrglas wurde zuerst leer, dann mit destillirtem Wasser, endlich nach einander mit den vier Lösungen gefüllt, und jedesmal bei der in der fünften Nummer beschriebenen Ajustirung diejenige Kraft bestimmt, mit der es, auf die beiden Halbunker aufgesetzt, von diesen angezogen wurde. Zur Erregung des Magnetismus in dem großen Elektromagneten wurden sechs Platinelemente angewendet, und als Flüssigkeit einerseits käufliche Salpetersäure und andererseits Schwefelsäure, die dem Volumen nach in dem Verhältnisse von 1 : 12 verdünnt worden war, genommen <sup>1)</sup>). Die Stromstärke war während der Dauer der Versuche constant. Die zum Abziehen nothwendigen Gewichte waren für

das leere Uhrglas (mit Deckel und Ring)	0 <sup>gr.</sup> ,40
das Uhrglas mit destillirtem Wasser	0 ,28
-     -     mit der Lösung I	3 ,94
-     -     -     II	2 ,14
-     -     -     III	1 ,23
-     -     -     IV	0 ,72.

Ziehen wir von den drei zuletzt bestimmten Gewichten die Anziehung, die das Uhrglas mit Deckel und Messing-ring erleidet, ab, so ergiebt sich die Anziehung der vier Lösungen I bis IV. Während aber in diesen Lösungen das Eisenchlorür *magnetisch angezogen* wird, wird in denselben das Wasser *diamagnetisch abgestossen*, und die eben bestimmte Anziehung ist der Ueberschufs jener Anziehung über diese Abstofung.

<sup>1)</sup> Dasselbe Verhältnis ist annäherungsweise bei allen in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen beibehalten worden.

Aus den beiden ersten Abwägungen aber ergiebt sich für die diamagnetische Abstösung des Wassers, welches den ganzen innern Raum des Uhrglases ausfüllt:

0<sup>gr.</sup>12.

Vernachlässigen wir also in sämmtlichen Lösungen das Volum des Eisenchlortürs gegen das Volum des Wassers, wobei wir bei den stärkeren Lösungen den gröfsen Fehler begehen, so hätten wir überall, statt 0<sup>gr.</sup>40, bloß 0<sup>gr.</sup>28 abziehen müssen. Genauer aber verfahren wir, wenn wir statt des Eisenchlortürs, die Lösung I als die ursprüngliche magnetische Substanz betrachten, zu der in den folgenden Lösungen Wasser in gegebenen Proportionen hinzukommt. Die Volumina des hinzukommenden Wassers betragen  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{7}{8}$  des ganzen Volums und die entsprechenden diamagnetischen Abstösungen sind, bei der gleichmäfsigen Vertheilung des Wassers durch den ganzen Raum, hiernach die folgenden:

0<sup>gr.</sup>06      0<sup>gr.</sup>09      0<sup>gr.</sup>105.

Somit ergeben sich die folgenden Zahlen für die Anziehung der ursprünglichen Eisenchlortürlösung in I bis IV:

I.	3 <sup>gr.</sup> 94	—	0 <sup>gr.</sup> 40	=	3 <sup>gr.</sup> 54
II.	2 ,14	—	0 ,40 + 0 <sup>gr.</sup> 06	=	1 ,80
III.	1 ,23	—	0 ,40 + 0 ,09	=	0 ,920
IV.	0 ,72	—	0 ,40 + 0 ,105	=	0 ,425.

Die Anziehung von I ist genau das Achtfache der Anziehung von IV, und es fehlt wenig daran, dass überhaupt die Anziehung der Menge der magnetischen Substanz proportional ist. Berechnen wir, indem wir diese Proportionalität zu Grunde legen, die Anziehung von IV in der Art, dass wir die Summe der Anziehungen durch 15 dividiren und hiernach die Anziehung der übrigen Lösungen berechnen, so kommt:

I.	3,566	Differenz	— 0,026
II.	1,783	-	+ 0,017
III.	0,891	-	+ 0,029
IV.	0,446	-	— 0,021.

Die Differenzen sind so klein, dass sie innerhalb der

Gränzen der Beobachtungsfehler fallen, und somit finden wir bestätigt, *dafs die Anziehung der Eisenchlorürlösung der Menge derselben proportional ist, vorausgesetzt, dafs dieselbe gleichmäig durch denselben Raum sich verbreitet finde.*

9) Bei einem zweiten Versuche wurde sehr fein zertheiltes Eisen aus der Apotheke genommen, und von demselben

15r,6 0gr,8 0gr,4 0gr,2 0gr,1  
jedesmal mit 25 Gr. frischen Schweineschmalzes in einem Mörser zu einer für das Auge homogenen Masse verrieben. Die fünf Gemenge wollen wir durch I, II, III, IV und V bezeichnen. Das Uhrglas wurde zuerst mit reinem Schmalze angefüllt und dann vom Elektromagnete, der genau wie bei den Versuchen der vorigen Nummer ajustirt war, mit einer Kraft von

0gr,25

angezogen. Dann wurde das Uhrglas nach einander mit jedem der fünf Gemenge angefüllt, das Gewicht des Gemenges im Uhrglase (woraus die Menge des in demselben befindlichen Eisens sich berechnen lässt) und endlich das zum Abziehen des Uhrglases nöthige Gewicht bestimmt. Es ergaben sich hierbei die folgenden Resultate:

Gewicht des Gemenges.	Eisenmenge.	Anziehung.
I. 10gr,70	0gr,6848	259gr,95
II. 10 ,65	0 ,3408	133 ,60
III. 10 ,15	0 ,1624	64 ,73
IV. 10 ,35	0 ,0828	31 ,65
V. 10 ,15	0 ,0406	15 ,95.

Die Zahlen der letzten Verticalcolumne geben die Anziehung des Eisens in den verschiedenen Schmalzgemengen: es sind die Gewichte, die zum Abreissen des Uhrglases erforderlich sind, vermindert um 0gr,25, wobei wir, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, angenommen haben, dafs die Menge des diamagnetischen Schmalzes überall dieselbe geblieben sey.

Wenn wir die Voraussetzung zu Grunde legen, dass die Anziehung des Eisens in den verschiedenen Schmalzgemengen der Masse des Eisens proportional sey, so brauchen wir nur die Zahlen der dritten Verticalcolumne durch die Zahlen der zweiten zu dividiren, um diejenige Kraft zu erhalten, mit der in den obigen Versuchen eine Gramme Eisen angezogen wird. Auf diesem Wege findet man die folgenden Zahlen:

I. 379<sup>gr.</sup>,3

II. 392 ,0

III. 398 ,5

IV. 406 ,5

V. 394 ,8.

Weil Grund vorhanden ist anzunehmen, dass die Unterschiede nicht von den Abwägungsfehlern herrühren, so nehmen wir das Mittel aus diesen Gewichten selbst und finden dafür:

394<sup>gr.</sup>,2.

Berechnen wir hiernach die Anziehung der verschiedenen Schmalzgemenge, so erhalten wir statt der früheren Zahlen nun die folgenden:

I.	269 <sup>gr.</sup> ,95	Differenz	— 10 <sup>gr.</sup> ,0
II.	134 ,34	-	— 0 ,74
III.	64 ,02	-	+ 0 ,71
IV.	32 ,64	-	+ 1 ,01
V.	16 ,00	-	— 0 ,05.

Die Differenzen, welche keineswegs den Fehlern der Abwägungen beizumessen sind, vermindern sich in Folge der Beobachtung, dass die Stromstärke zuerst zunahm und zuletzt wieder abnahm. Diese Zu- und Abnahme wurde zwar nicht geradezu gemessen, aber die ungefähre Abschätzung erklärte die obigen Abweichungen, und es möchte nur das Gewicht der ersten Abwägung *um ein Weniges hinter demjenigen zurückbleiben*, welches die Rechnung giebt, wenn wir die späteren Abwägungen zu Grunde legen.

10) Statt die Stärke des Stromes, durch welchen der

Magnetismus im Elektromagneten hervorgerufen wird, unmittelbar, nach dem gewöhnlichen Verfahren, durch Einschaltung einer Boussole zu controliren, scheint mir ein anderes Verfahren für unsere besonderen Zwecke bei Weitem vorzuziehen.

Während der Abwägungen der 8. Nummer blieb die Stromstärke unverändert dieselbe, was daraus erkannt wurde, dass der in den grossen Elektronagnete hervorgerufene Magnetismus unverändert derselbe blieb. Da die beiden aufgelegten Halbunker, während der ganzen Dauer der Beobachtung nicht fortgenommen oder auch nur verrückt werden durften, so wurde auf einem derselben an einer beliebig, aber fest bestimmten, Stelle ein oben conisch zugespitzter Eisencylinder 27<sup>mm</sup> hoch und 25<sup>mm</sup> im Durchmesser aufgesetzt, und der Magnetismus desselben durch dasjenige Gewicht bestimmt, das nothwendig war, um von der Spitze desselben einen kleinen ebenfalls zugespitzten eisernen, 15<sup>r</sup>,7 schweren Eisencylinder, der 16<sup>mm</sup> lang und 4<sup>mm</sup>,5 dick war, abzureißen. Diese Bestimmung geschah durch Hülfe einer Wage. Sie gab bei den fraglichen Versuchen, wenn der grössere Cylinder auf einen Halbunker, die Mitte derjenigen oberen Kante desselben, welche der Aequatorialebene parallel und am weitesten von ihr entfernt war, berührend, aufstand, 352<sup>r</sup>, und dieses Gewicht änderte sich, während der ganzen Zeit der Beobachtung nicht um mehr als ein, höchstens zwei Grammen.

Die fragliche Bestimmung kann in doppelter Weise gemacht werden. Wenn allmälig immer mehr Gewicht zugelegt wird, bis endlich der kleine Eisencylinder abreißt, so trägt der Maguet dasselbe Gewicht, das er vor dem Abreissen zu tragen im Stande war, nun nicht mehr, wenn es mit einem Male angehängt wird. Um die Stärke des Magnetismus zu constatiren, können wir das erstere, einer allmälichen Belastung entsprechende, Gewicht, oder auch dasjenige Gewicht nehmen, das er unmittelbar trägt. Ich wähle das erstere, weil es eine genauere Bestimmung zulässt. In dem obigen Beispiele beträgt der Unterschied der beiden Be-

stimmungen einige Grammen, der mögliche Fehler in der ersten Bestimmungsweise höchstens ein Paar Decigrammen<sup>1</sup>).

11) In den verschiedenen Punkten der beiden angehöhrten Halbunker wächst, in Folge der polarischen Induction, die Intensität des Magnetismus keineswegs in gleichem Verhältnisse bei zunehmender Stromstärke. Wenn sich's daher nicht darum handelt, überhaupt zu constatiren, ob die magnetische Anziehung dieselbe bleibe, sondern auch die Kräfte, die zum Abziehen des Uhrglases von den beiden Halbunkern nothwendig sind, mit Rücksicht auf geringere Schwankungen in der Stromstärke, zu *corrigen*, so können wir das in der vorigen Nummer entwickelte Verfahren nicht mehr anwenden. Dann müssen wir, statt des kleinen zugespitzten Eisencylinders ein mit irgend einer magnetischen Substanz angefülltes Uhrglas, demjenigen möglichst gleich, in welches die übrigen in Beziehung auf Magnetismus zu prüfenden Substanzen gebracht werden, nehmen und dasselbe an der Wage von Zeit zu Zeit in ganz gleicher Weise von den beiden Halbunkern abziehen lassen. Die hierzu erforderlichen Gewichte geben offenbar ein Maas für die Intensität des bei den fraglichen Versuchen wirkenden Magnetismus; wir können dieselbe offenbar diesen Gewichten proportional setzen, und sie, bei Schwankungen der Stromstärke, hiernach corrigiren.

Die Nothwendigkeit für die neue Bestimmungsweise ergiebt sich aus den nachstehenden Abwägungen, die zu diesem Ende vorgenommen wurden. Es wurde einmal unter denselben Bedingungen als in der vorigen Nummer, die

1) Hr. vom Kolke hat in seiner eben erschienenen Inaugural-Dissertation: *De nova magnetismi intensitatem metiendi methodo ac de rebus quibusdem hoc methodo inventis*, dieses Verfahren angewandt, um die Vertheilung des Magnetismus in den Polflächen des grossen Elektromagneten, in aufgelegten Ankern, in Stahlstäben, numerisch zu bestimmen, den Einfluss der inducirenden Wirkung gleichnamiger und ungleichnamiger Pole zu messen, und ist, nach meiner Meinung, zu Resultaten gelangt, die vor den nach andern Methoden, naturnlich der Coulomb'schen bei Stahlmagneten, zu erhaltenen entschieden den Vorzug verdienen.

Kraft bestimmt, die zum Abreissen des kleinen Eisencylinders nöthig war, und das andere Mal die Kraft, mit welcher ein Uhrglas mit der Schmalzmischung III, in welcher auf 1000 Theile Schmalz 16 Theile Eisen kommen, auf die beiden genäherten Halbanker gesetzt, von diesen festgehalten wurde. Indem nach einander zur Hervorrufung des Magnetismus 1 bis 4 frischgefüllte Tröge angewandt wurden, ergaben sich die nachstehenden Resultate:

Anzahl der Tröge.	Anziehung des Cylinders.	Anziehung des Uhrglases.
1	100 <sup>gr.</sup> ,4	15 <sup>gr.</sup> ,46
2	178 ,9	34 ,15
3	239 ,6	50 ,15
4	294 ,8	60 ,40.

12) Die Tragkraft eines Magneten ist ein ganz unbestimpter Begriff, vorzüglich aus dem Grunde, weil die Masse des getragenen Ankers hierbei von dem entschiedensten Einflusse ist, und bei verschiedener Masse diese Tragkraft auf das hundert- und tausendfache gesteigert werden kann. Und wie sollten wir diese Masse bei verschiedenen Magneten zur Vergleichung ihrer Tragkraft bestimmen? So lange ferner die in dem Eisen des Ankers oder überhaupt dem angezogenen Körper hervorgerufene magnetische Polarität rückwärts auf die Verstärkung des Elektromagneten wirkt, so lange endlich ein Theil des angezogenen Körpers auf die andern, Magnetismus erregend, einwirkt, so lange kann von einer *Vergleichung* der Intensität der Kräfte, mit welchen der Magnet anziehend auf verschiedene magnetische Substanzen wirkt, nicht die Rede seyn. Ich glaube aber, wir können nach dem Vorstehenden unbedenklich annehmen, dass die fraglichen störenden Wirkungen dann nicht vorhanden sind, wenn Eisen oder Nickel, fein zertheilt, in einer gegen den Magneten wenig empfindlichen Substanz, wie Schmalz, gleichmässig *in nicht zu grosser Menge* vertheilt ist, oder wenn wir die Lösung eines Eisen- oder Nickelsalzes nehmen. Ich halte mich für berechtigt anzunehmen, *dass dann die Anziehung der ganzen Masse der Summe der*

*jenigen Anziehungen gleich ist, welche, wenn wir diese Masse beliebig theilen, der Magnet auf diese Theile einzeln ausüben würde, auch dann, wenn die andern Theile nicht da wären.*

Aber auch dann noch würde unsere Bestimmungsweise der *relativen* magnetischen Intensität verschiedener Substanzen ihre volle Geltung behalten, wenn die Wirkung der sich gegenseitig inducirenden Theile der angezogenen Masse nicht verschwände, sondern bei gleichem Volum und gleicher Begrenzung derjenigen Kraft, mit welcher der Magnet die verschiedenen Substanzen anzieht, proportional ist.

13) Dafs die Anziehung einer compacten Eisenmasse durch einen Magneten nicht die Summe derjenigen Anziehungen ist, die von dem Magneten auf die einzelnen Theile der Masse ausgeht, sondern *dafs noch störende Inductions-wirkungen hinzukommen*, davon können wir uns leicht durch einen einfachen Versuch überzeugen. Setzen wir nämlich einen Eisenstab auf den Pol eines Magneten auf, so gehört ein gewisses Gewicht *A* dazu, um denselben abzuziehen. Zerschneiden wir dann den Stab in zwei Theile, setzen den unteren Theil gerade wie früher auf den Pol, den oberen Theil aber auf irgend eine nicht magnetische Unterlage, die ihn in dem früheren Abstande vom Pole hält, so können wir wiederum durch die Wage zwei Gewichte, *B* und *C*, bestimmen, die zum Abreisen der beiden Theile nothwendig sind. Wir finden dann:

$$A > B + C.$$

Durch die Induction der beiden Theile auf einander wird hier also die Anziehung *verstärkt*.

14) Unsere Auffassungsweise gestattet uns in jedem vorliegenden Falle die *störenden Inductions-wirkungen* zu bestimmen.

Ich hatte zur Messung stärkerer Anziehungen eine uhrglasförmige Schale von Messing anfertigen und den oberen Rand derselben abschleifen lassen, so dafs dieselbe mit Flüssigkeiten und Pulvern, gerade wie das oben beschriebene Uhrglas, gefüllt werden konnte. In das Innere des-

selben passte genau ein massives Eisenstück, das fortgenommen und durch andere Substanzen, für unsere Zwecke durch fein zertheiltes Eisen und durch eine Schmalzmischung, in welcher auf 25 Theile Schmalz ein Theil dieses Eisenstaubes kam, ersetzt werden konnte. Die Ajustirung war wie bisher, der Abstand der schweren abgerundeten Anker 6<sup>mm</sup>, nur wurde die Schale nicht unmittelbar auf die Anker aufgesetzt, sondern, um die Kraft zu schwächen, wurde zuerst eine 4<sup>mm</sup> dicke Glastafel über die Anker gelegt und von daher die Schale abgezogen. Der Magnetismus wurde durch ein Grove'sches Element, mit einmal gebrauchter Salpetersäure, hervorgerufen. Es ergab sich:

I.	Gewicht des Eisens in der Schale	81 <sup>gr.</sup> ,0
	Anziehung desselben	2187 ,5
II.	Gewicht des Eisenstaubes in der Schale	32 ,85
	Anziehung desselben	996 ,0
III.	Gewicht der Schmalzmischung in der	
	Schale	10 ,00
	Anziehung derselben	12 ,80

Die Anziehung der Schale selbst mit Glasdeckel, die 8<sup>gr.</sup>,36 betrug, ist überall bereits in Abzug gebracht worden.

Wenn wir hiernach die Anziehung berechnen, die ein Gramm Eisen bei den drei verschiedenen Abwägungen erfährt, so finden wir

I.	für das massive Eisenstück	27 <sup>gr.</sup> ,00
II.	für den Eisenstaub	30 ,32
III.	für denselben in der Schmalzmischung	33 ,28.

Wir sehen hieraus, dass die störende Inductions-wirkung die auf die Eisenmoleküle stattfindende Totalanziehung *vermindert*. Wenn wir annehmen, dass eine solche störende Wirkung in dem Falle der Schmalzmischung verschwindet, was annäherungsweise wenigstens richtig ist, so betrüge die Anziehung des Eisenstückes und des Eisenstaubes, abgesehen von der störenden Inductions-wirkung, so wie sie unmittelbar von dem Elektromagneten herröhrt, und wie wir sie als *Normalanziehung* bezeichnen wollen, bezüglich:

2795<sup>gr.</sup>,68      1114<sup>gr.</sup>,25,

mithin kommt auf die störende Inductionswirkung bezüglich  
 — 608<sup>gr.</sup>, 18 — 118<sup>gr.</sup>, 25.

Es beträgt dies, wenn wir die Normalanziehung der Einheit gleichsetzen, bezüglich

$$0,186 \quad 0,089.$$

15) In dem Beispiele der 13. Nummer *verstärkt* die störende Inductionswirkung die Normalanziehung; in dem Beispiele der vorigen Nummer *schwächt* sie dieselbe. Wenn wir in diesem letzteren Falle, statt von den beiden Halb-ankern die Schale von einer einzigen Polfläche abgezogen hätten, so würden wir, umgekehrt, eine störende Inductionswirkung erhalten haben, die die Normalanziehung *vermehrt* hätte. Der Versuch bestätigt dies augenscheinlich; ich theile indefs keine Zahlen mit, weil die *genaue* Abwägung, störender Einflüsse wegen, mit einiger Schwierigkeit verbunden ist.

Denken wir uns auf demselben Pole zwei Eisenstäbe auf einander aufgesetzt, so werden, in Folge der ursprünglichen Einwirkung des Elektromagneten, an der Berührungsstelle beider ungleichnamige Pole hervorgerufen, die *sich gegenseitig verstärken*. Werden hingegen zwei Stäbe, von einem Pole zum andern, eine Brücke bildend, auf einander gelegt, so werden in den beiden Stäben in Folge der ursprünglichen Einwirkung gleichnamige Pole an den entsprechenden Enden hervorgerufen: und diese Pole *schwächen sich* durch ihre gegenseitige Einwirkung. Während also in dem ersten Falle die störende Inductionswirkung den im Eisen hervorgerufenen Magnetismus nothwendig verstärkt, muß sie denselben im zweiten Falle schwächen.

Auf diese Weise scheint sich Alles vollständig zu erklären ').

1) Es ist hiernach allerdings sehr wahrscheinlich, daß bei den Schmalzversuchen der 9. Nummer die auf die erste Schmalzmischung kommende Differenz zum Theil wirklich von einer störenden Inductionswirkung herrühre.

## §. 2.

## Vergleichung der Intensität des Magnetismus verschiedener Substanzen.

16) Unsere Bestimmungsweise besteht nach dem vorigen Paragraphen darin, dass wir in denselben Raum, in ein durch einen Deckel abgeschlossenes Uhrglas, verschiedene magnetische Substanzen bringen: dann ist, bei konstanter Stromstärke, die Kraft, mit welcher diese Substanzen von dem Elektromagnet angezogen werden, das relative Maafs für ihren Magnetismus. Dividiren wir dasselbe durch das Gewicht der Substanzen, so ergeben sich Zahlen, die die relativen Intensitäten des Magnetismus dieser Substanzen *bei gleichem Gewichte* darstellen.

Wir befinden uns hier auf einem neuen Felde physikalischer Untersuchungen, wo eine Menge von Fragen uns entgegentreten, deren Beantwortung von mehrseitigem Interesse ist, Fragen, die zum Theil tief in das Wesen der Chemie eingreifen. Ich konnte mir bis jetzt nur reines Nickeloxyd, nicht aber reines Nickel selbst, und die andern, außer dem Eisen, magnetischen Metalle verschaffen. Meine Untersuchungen mussten sich also zunächst auf Eisen und seine chemischen Verbindungen beschränken. In welchem Verhältnisse wird die ursprüngliche magnetische Kraft des Eisens geschwächt, wenn zu demselben Sauerstoff getreten ist, um Oxyd zu bilden? wieviel, wenn in dem Hydrat zu dem Oxyd auch noch Wasser getreten ist? wenn das Oxyd mit verschiedenen Säuren zu Salzen sich verbunden hat? wenn diese Salze in Wasser aufgelöst sind? Wie verhalten sich die Oxydsalze zu den Oxydulsalzen? Wie muss ein eisenhaltiges Salz chemisch zusammengesetzt seyn, wenn es aufhören soll magnetisch zu seyn?

17) Ich werde zuerst die Resultate zweier Versuchsreihen mittheilen, die wir in eine einzige zusammenziehen können, weil der durch sechs Grove'sche Tröge erregte Elektromagnetismus beidesmal gleich stark war und nur sehr geringe Schwankungen machte. Die Abwägungen wurden erst vorgenommen, nachdem beidesmal die Kette einige Zeit hindurch

durch gewirkt hatte, und nach jeder Abwägung wurde dieselbe geöffnet.

Die erste Versuchsreihe bezog sich auf Lösungen von Eisensalzen in Wasser. Ich nahm 1) salpetersaures Eisenoxyd, dadurch bereitet, dass auf das unten durch II bezeichnete Eisenoxyd, im Ueberschuss, concentrirte Salpetersäure gegossen wurde; 2) salzaures Eisenoxyd aus demselben Oxyde mit concentrirter Salzsäure bereitet; 3) trockenes neutrales schwefelsaures Eisenoxyd aus dem chemischen Laboratorium, das sich sehr langsam in Wasser aufgelöst hatte; 4) und 5) salzaures und schwefelsaures Eisenoxydul, am Morgen der Versuche durch Aufgießen von Salzsäure und Schwefelsäure auf fein zertheiltes Eisen dargestellt. Sämtliche Lösungen, mit Ausnahme der letzten, waren gesättigt. Das in der zweiten Nummer beschriebene Uhrglas wurde nach einander mit den verschiedenen Lösungen gefüllt, und später der Eisengehalt derjenigen Menge jeder dieser Lösungen, die zu dem Versuche angewandt worden war, bestimmt. Die Anziehung der Lösungen durch den Elektromagneten wurde mit der Anziehung einer Schmalzmischung, in der auf 100 Gewichtstheile Schmalz 2 Gewichtstheile Eisen kommen, verglichen.

Mit derselben Mischung wurden in der zweiten Versuchsreihe zunächst verschiedene Eisenoxyde verglichen, das erste (I) im chemischen Laboratorium, das zweite (II) in der hiesigen chemischen Fabrik für diese Absicht besonders dargestellt, das dritte war faseriger Rotheisenstein (nierenförmig), das vierte ein schöner Eisenglanzkrystall von Elba; dann drei Eisenoxydhydrate, erstens dasjenige, aus welchem das Oxyd I dargestellt worden ist, und das nach direkter Bestimmung 24,24 Proc. Wasser enthielt, zweitens Brauneisenstein und drittens künstlicher Blutstein, der nach einer späteren Bestimmung 11,55 Proc. Wasser enthielt; ferner ein schöner Krystall von Schwefelkies, endlich Nickeloxydul und Nickeloxydulhydrat, letzteres nach einer ungefähren Bestimmung 24,75 Proc. Wasser enthaltend. Alle diese Körper wurden fein gepulvert und möglichst gleich-

mäsig zusammengedrückt in das Uhrglas gebracht und ihr Gewicht bestimmt. Die beiden Eisenoxyde, der Rotheisenstein und das Nickeloxydul wurden, nachdem sie gepulvert worden waren, unmittelbar vorher bei einer Temperatur von  $100^{\circ}$  C. ausgetrocknet.

18) Die erlangten Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Die *erste Column A* enthält die unmittelbar bestimmten Gewichte der verschiedenen untersuchten Substanzen, die *zweite B* die Menge des in denselben enthaltenen Metalls. Für die fünf Lösungen sind diese Mengen durch die chemische Analyse bestimmt worden, für die übrigen Metallverbindungen berechnet. Die *dritte Column C* enthält die Totalanziehung der untersuchten Substanzen; hierbei ist jedesmal von dem Gewichte, durch welches das gefüllte Uhrglas abriss,  $0^{\circ},41$ , nämlich dasjenige Gewicht, durch welches das leere Uhrglas abriss, abgezogen. Die *vierte Column D* giebt den Quotienten, den man erhält, wenn man die Totalanziehung durch das Gewicht der Substanz dividirt, also das relative Maas des Magnetismus der Substanz bei gleichem Gewichte. Die *fünfte Column E* giebt das relative Maas des Magnetismus des Eisens oder Nickels in den verschiedenen chemischen Verbindungen. Für die festen Stoffe ergiebt sich dasselbe unmittelbar, indem man die Totalanziehung durch das Gewicht des Metalls in denselben dividirt, bei den Lösungen ist hier aber, indem wir auf den Diamagnetismus des Wassers in denselben Rücksicht nehmen, zuvor noch eine kleine Correction in der Totalanziehung *C* zu machen. Statt aber, ähnlich wie in der achten Nummer, in jeder Lösung die Menge des Wassers und die entsprechende diamagnetische Abstösung zu berechnen, wollen wir hier, der Einfachheit wegen, annäherungsweise die Totalanziehung jeder dieser Lösungen um  $0^{\circ},1$  vermehren.

	<i>A.</i>	<i>B</i> <sup>1).</sup>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	<i>E.</i>
Salpeters. Eisenoxyd. Lösung	14gr.,55	1gr.,212	2gr.,502	0,172	2,064
Salzaures Eisenoxyd -	16 ,475	2 ,213	8 ,240	0,500	3,723
Schwefelsaur. Eisenoxyd -	18 ,25	2 ,243	5 ,335	0,292	2,379
Salzaures Eisenoxydul -	16 ,535	2 ,825	7 ,095	0,429	2,501
Schwefels. Eisenoxydul -	-	0 ,445	1 ,350	-	3,034
Schmalzmischung. 50 : 1	8 ,225	0 ,161	82 ,37	-	510,74
Eisenoxyd I. Gepulvert	12 ,188	8 ,532	31 ,210	2,561	3,658
Eisenoxyd II. -	14 ,825	10 ,377	21 ,690	1,463	2,090
Rotheisenstein	28 ,55	19 ,985	19 ,596	0,686	0,981
Eisenglanz -	33 ,72	23 ,604	91 ,755	2,721	3,887
Eisenoxydhydrat -	16 ,50	8 ,750	13 ,238	0,800	1,513
Brauneisenstein -	22 ,70	-	8 ,240	0,363	-
Künstl. Blutstein -	12 ,45	7 ,708	9 ,618	0,773	1,235
Schwefeleisen -	25 ,22	11 ,770	19 ,417	0,770	1,650
Nickeloxydul -	14 ,65	11 ,531	2 ,630	0,180	0,228
Nickeloxydulhydrat -	11 ,125	6 ,574	6 ,055	0,544	0,921

19) Bei einem vorläufigen Versuche war der Magnetismus von vier der obigen Substanzen bereits früher schon mit dem Magnetismus des Eisens verglichen worden. Zur Controle über die Genauigkeit der Methode setze ich, um die neueren Resultate mit den älteren vergleichen zu können, diese hierher, wobei ich mich indefs in der nachfolgenden Tafel auf die Columnen *A*, *C* und *D* beschränke.

	<i>A.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>
Schmalzmischung 25 : 1	11gr.,57	232gr.,14	521,75
Eisenoxyd II. Gepulvert	15 ,12	22 ,94	1,517
Rotheisenstein. -	28 ,07	19 ,52	0,696
Eisenglanz -	34 ,17	91 ,20	2,669
Brauneisenstein -	24 ,79	9 ,37	0,378

20) Früher noch hatte ich, bei geringerer Stromstärke, den Magnetismus des Eisenoxydhydrats der Tabelle der achtzehn-

1) Die Gewichte der aus den fünf Lösungen, in der angeführten Reihenfolge, erhaltenen Oxydmengen betragen:

1gr.,731  
3 ,162  
3 ,204  
4 ,036  
0 ,636.

Ich verdanke diese Bestimmungen, so wie die in der Note zur zwey und zwanzigsten Nummer angeführten, der Güte des Hrn. D. Brandis.

ten Nummer mit dem Magnetismus des *durch starkes Glühen in einem Ofen* daraus dargestellten Oxyds, das ich durch III bezeichnen will, verglichen, und eben so mit dem Magnetismus des damit zugleich bereiteten neutralen schwefelsauren Eisenoxyds, als Pulver, das hernach in Wasser aufgelöst wurde. Aus demselben Hydrate wurde später das Oxyd I dargestellt. In der nachstehenden Tafel sind die erlangten Resultate enthalten:

	A.	C.	D.
Eisenoxyhydrat . . . . .	14gr. 47	7gr. 94	0,534
Eisenoxyd III . . . . .	12 ,35	650 ,68	52,687
Schwefelsaures Eisenoxyd	13 ,10	4 ,95	0,379

21) Da nach der Tafel der vorletzten Nummer das relative magnetische Verhalten des *Nickeloxyduls* und seines *Hydrats*, nach den bisherigen Begriffen über Magnetismus, befremdend erschien, so wurde es später nochmals einer besonderen Prüfung unterworfen. Bei dieser ergab sich, unter Anwendung von sechs Trögen und desselben Uhrglases:

	A.	C.	D.
Nickeloxyd. Gepulvert	14gr. 96	2gr. 58	0,173
Nickeloxydhydrat -	11 ,07	6 ,00	0,542

Aus den früheren Versuchen erhält man für das Verhältnis des Magnetismus des Nickeloxyduls und seines Hydrats:

$$\frac{542}{173} = 3,017,$$

jetzt finden wir für dasselbe:

$$\frac{542}{542} = 3,132.$$

Diese Zahlen stimmen hinreichend überein.

Obgleich das Oxydul aus dem Hydrat dargestellt worden war, so schien es mir doch wünschenswerth, dasselbe Hydrat, das zu den Versuchen gedient hatte, in Oxyd zu verwandeln und dann zu prüfen. Die obigen 11gr.07 wurden, gleich nach Bestimmung ihres Magnetismus, in einem Platintiegel längere Zeit geglüht, wonach das Gewicht auf 8gr.38 sich reducirete. Das so erhaltene Oxydul wurde in

dasselbe Uhrglas gebracht, das nun nicht mehr ganz voll wurde; es erfuhr eine Anziehung von 25°,94, obgleich, wenn in dem Hydrate das Oxydul das einzige magnetisch Wirksame ist, diese Anziehung 65° überstiegen haben müfste, weil das Oxydul nun dem Magnete durchschnittlich näher gerückt war.

Die Anziehung des frisch bereiteten Nickeloxyduls übersteigt indes die Anziehung des ursprünglichen: vielleicht weil die Fortreibung des Wassers doch noch nicht vollständig war.

22) Endlich wurde noch eine dritte Versuchsreihe gemacht, deren Resultate ich in folgender, der früheren entsprechenden, Tabelle zusammenstelle. Der Magnetismus wurde auch hier durch sechs Grove'sche Tröge hervorgerufen.

	A.	B <sup>1)</sup> .	C.	D.	E.
1 Theil Eisen 25 Th. Schmalz	105°,850	—	2105°,866	—	505,300
1 Th. Magneteisenstein 25 Th.					
Schmalz . . . . .	11 ,000	—	86 ,135	203,592	—
Graubraunstein, vor dem					
Glühen, gepulvert . . . . .	23 ,901	—	8 ,470	0,354	—
Graubraunstein, nach d. Glü-					
hen, gepulvert . . . . .	22 ,869	—	18 ,570	0,812	—
Eisenvitriolkristalle, gepulv.	15 ,978	—	6 ,300	0,394	—
Salpetersaures Nickeloxydul.					
Lösung . . . . .	—	1,377	1 ,450	—	1,053
Salzsaur. Nickeloxydul. Lö-					
sung . . . . .	—	1,671	1 ,830	—	1,095

Die Anziehung des leeren Uhrglases, des früheren mit einem andern aufgeschliffenen Glasdeckel, zugleich mit diesem und dem Messingring, betrug:

0°,375

und wenn es mit blosem Schmalze gefüllt war:

0°,240.

Von den durch die unmittelbaren Abwägungen erhaltenen

1) Die Gewichte der aus den beiden Lösungen erhaltenen Mengen von Nickeloxydul waren bezüglich

1gr,751

2 ,123.

Anziehungen ist in der dritten Column, bei den Schmalz-mischungen die letztere, bei den gepulverten Substanzen die erste Zahl abgezogen worden; bei den Lösungen, mit Rücksicht auf den Diamagnetismus des Wassers annähe-rungsweise:

0gr.275.

Die in der Column *D* angegebene Anziehung bezieht sich in dem Falle des (möglichst fein gepulverten) Mag-neiteisensteins, auf diesen, abgesehen vom beigemischten Schmalze.

Der Graubraunstein bestand aus sehr schönen gepulver-ten Krystallen, in welchen kein Eisen durch Blutlaugensalz nachweisbar war. Er schien, der bekannten Analyse entsprechend, reines Manganoxydhydrat zu seyn. Unmit-telbar nach dem Versuche wurde er über der Spirituslampe stark geglüht, um ihm sein Hydratwasser zu nehmen. 9gr.388 verloren hierbei an Gewicht 1,164. Der einem Atom Was-ser entsprechende Gewichtsverlust hätte genau 10 Proc. be-tragen, der eben gefundene beträgt 12,40 Proc. Es stimmt dieses recht gut mit der Angabe des Hrn. Berzelius, daß Manganoxydhydrat durch Glühen sich in Manganoxydoxy-dul umwandelt, was 13,2 Proc. Verlust erfordern würde. Da das Glühen zwischen den Abwägungen an denselben Mengen erfolgen mußte, so konnte dasselbe nicht ganz vollständig seyn.

Die Eisenvitriolkristalle wurden unmittelbar vor dem Versuche aus der Lösung, in der sie sich gebildet hatten, herausgenommen, an der Luft auf Fließpapier eine halbe Stunde getrocknet und dann gepulvert. Das Pulver wurde, feucht wie es war, in das Uhrglas gebracht, wobei von dem Wasser, das die Krystalle enthielten, nur sehr wenig fort-gegangen seyn konnte.

Die Nickelsalzlösungen wurden für die Versuche aus dem früher untersuchten Nickeloxydhydrat durch Auflösen in den Säuren bereitet.

23) Aus den vorstehenden beiden Tafeln habe ich die folgende übersichtliche Zusammenstellung für die Verglei-

chung der Intensität des Magnetismus verschiedener Substanzen, sowohl für sich, als auch in chemischer Verbindung mit andern berechnet, und hierbei die Intensität des Magnetismus des Eisens gleich 100 000 gesetzt.

Uebersichtliche Zusammenstellung.

1) Eisen . . . . .	100 000
2) Magneteisenstein . . . . .	40 227
3) Eisenoxyd I . . . . .	500
4) - - II . . . . .	286
5) Rotheisenstein . . . . .	134
6) Eisenglanz . . . . .	533
7) Eisenoxydhydrat . . . . .	156
8) Brauneisenstein . . . . .	71
9) Künstlicher Blutstein . . . . .	151
10) Trocknes schwefelsaures Eisenoxyd . . . . .	111
11) Eisenvitriol . . . . .	78
12) Gesättigte Lösung von salpeters. Eisenoxyd	34
13) - - - - - salzsaur. Eisenoxyd	98
14) - - - - - schwefels. Eisenoxyd	58
15) - - - - - salzsaur. Eisenoxydul	84
16) Eisenvitriol in seiner Lösung . . . . .	126
17) Schwefelsaures Eisenoxydul im Eisenvitriol	142
18) Salpetersaur. Eisenoxyd in seiner Lösung	95
19) Salzsauers Eisenoxyd - - - - -	224
20) Schwefelsaur. Eisenoxyd - - - - -	133
21) Salzsauers Eisenoxydul - - - - -	190
22) Schwefelsaures Eisenoxydul . . . . .	219
23) Eisenchlorid in der Lösung . . . . .	254
24) Eisenchlortür - - - - -	216
25) Eisenkies . . . . .	150
26) Eisenoxydul in der salzsäuren Lösung . . . . .	381
27) - - - - - schwefelsäuren Lösung	462
28) Eisenoxyd im Hydrat . . . . .	206
29) - - - - - Blutstein . . . . .	168
30) - - - - - in der salpetersäuren Lösung	287
31) - - - - - salzsäuren Lösung . . . . .	516

32) Eisenoxyd in der schwefelsauren Lösung	332
33) Eisen im Magneteisenstein	55552
34) - - Oxyd I	714
35) - - Oxyd II	409
36) - - Rotheisenstein	191
37) - - Eisenglanz	761
38) - - Eisenoxydhydrat	296
39) - - Blutstein	240
40) - - Schwefelkies	321
41) - - schwefelsauren Eisenoxyd	349
42) - - Eisenvitriol	385
43) - in der Lösung v. salpeters. Eisenoxyd	410
44) - - - - - salzsaurem	737
45) - - - - - schwefels.	474
46) - - - - - salzs. Eisenoxydul	490
47) - - - - - schwefels.	594
48) Nickeloxydul	35
49) Nickeloxydulhydrat	106
50) Salpeters. Nickeloxydul in seiner Lösung	65
51) Salzsaur. Nickeloxydul	100
52) Nickelchlorür in derselben	111
53) Nickeloxydul im Hydrat	142
54) Nickeloxydul in der salpetersauren Lösung	164
55) Nickeloxydul in der salzsäuren Lösung	171
56) Nickel im Oxydul	45
57) - - Oxydulhydrat	180
58) - in der salpetersauren Lösung	208
59) - - - salzsäuren Lösung	217
60) Manganoxydhydrat	70
61) Manganoxydoxydul	167
62) Manganoxyd im Hydrat	78
63) Mangan im Oxydhydrat	112
64) - - - Oxydoxydul	232
24) Reduciren wir in gleicher Weise die Resultate der Tabelle der neunzehnten Nummer und stellen dieselben mit den entsprechenden, die wir vorstehend erlangt haben, zusammen, so kommt:	

	I.	II.
Eisen . . . .	100 000	100 000
Eisenoxyd II	286	289
Rotheisenstein	134	133,5
Eisenglanz . .	533	512
Brauneisenstein	71	72

Die Uebereinstimmung der unter verschiedenen Umständen angestellten Beobachtungen lässt, wenn wir den Eisenglanz ausnehmen, nichts zu wünschen übrig. Bei Pulvern liegt eine Fehlerquelle in der ungleichen Zusammendrückung derselben im Uhrglase, und da wohl nicht anzunehmen ist, dass während zweier Monate, während welcher der gepulverte Eisenglanz der Luft ausgesetzt war, derselbe eine chemische Aenderung erlitten habe, so bin ich geneigt die Differenz in jener Fehlerquelle zu suchen.

25) Während das Eisen, für sich, so stark magnetisch ist, verliert es in den meisten chemischen Verbindungen seinen Magnetismus in einem so hohen Grade, dass diese bis auf die neuste Zeit, als dem Magnete *nicht* folgend, als *nicht magnetisch* angesehen wurden. Zu untersuchen, wie sich das *Eisenoxydul* verhalte, war mir bisher nicht vergönnt; auch nicht *genau zu bestimmen, in welchem Verhältnis die Intensität des Magnetismus des Eisens im reinen Oxyde geschwächt werde*. Je nachdem ich verschiedene der in der Natur vorkommenden und in den Laboratorien bereiteten Eisenoxyde nahm, ergaben sich ganz verschiedene Resultate.

Man könnte denken, dass die verschiedene Intensität des Magnetismus bei den verschiedenen Eisenoxyden mit dem sehr verschiedenen Aussehen, und also dem entsprechenden sehr verschiedenen Molecularzustande, unter dem sich das Eisenoxyd in der Natur sowohl, als in den Laboratorien bildet, zusammenhinge. Ohne hierüber entschieden absprechen zu wollen, scheint mir indefs bis jetzt die andere Annahme mehr begründet, dass die verschiedene Intensität des Magnetismus von einer Beimischung von Oxydul herrühre. Das erste Eisenoxyd, das ich untersucht und in der ein und zwanzigsten Nummer durch III bezeichnet

habe, war aus dem Hydrate, das in der Tabelle der achtzehnten Nummer vorkommt, durch starkes Glühen in einem Ofen dargestellt worden; es zeigte sich so stark magnetisch, dass es von einem sehr schwachen Magnete getragen wurde. Verglichen mit dem Hydrate fand es sich fast hundert Mal stärker magnetisch, und demnach ergab sich für die Intensität seines Magnetismus:

15204.

Offenbar ist diesem Oxyd eine namhafte Menge von *Oxydul* beigemischt. Hiernach glaube ich auch voraussetzen zu können, dass das Oxyd I, dessen Magnetismus gleich 500, nicht frei von Oxydul ist, und mehr davon enthält als das Oxyd II. Welche Zahl dem reinen Oxyde entspricht, wage ich, nach den vorliegenden Daten, noch nicht zu bestimmen. Der Rotheisenstein ist viel schwächer magnetisch als der Eisenglanz; der von mir untersuchte ist einer chemischen Analyse nicht unterworfen worden; wenn er chemisch rein wäre (er enthielt kein Hydratwasser) so würde ich 134 annäherungsweise für den Magnetismus des Oxyds halten.

Wollten wir aus dem Magnetismus des in dem chemischen Laboratorium bereiteten Eisenoxydhydrats, für den wir 156 gefunden, den Magnetismus des Eisenoxyds in der Voraussetzung ableiten, dass das in dem Hydrate zu dem Oxyde hinzukommende Wasser keinen Einfluss auf den Magnetismus desselben habe, so erhielten wir die Zahl 206, die gegen die letzte Annahme, dass der Rotheisenstein den normalen Magnetismus habe, zu groß wäre. Aber die gemachte Voraussetzung ist durch nichts begründet, und beide Zahlen würden nicht im Widerspruch stehen, wenn (analog wie beim Nickel, nur nicht in demselben Maafse) das im Hydrate hinzukommende Wasser den Magnetismus des Oxyds (Oxyduls) erhöhte.

26) Der starke Magnetismus des Magneteisensteins ist in mehr als einer Beziehung merkwürdig. Der von mir untersuchte, den ich durch die Güte des Hrn. Geheimerath Nöggerath nebst anderen Mineralien aus den Poppels-

dorfer Sammlungen erhalten habe, war aus Schweden, und angeblich reines Oxydoxydul, also annähernd 31 Proc. Eisenoxydul und 69 Proc. Eisenoxyd enthaltend. Wollten wir denselben als ein mechanisches Gemenge von Eisenoxyd mit Eisenoxydul betrachten, so erhielten wir für den Magnetismus des Oxyds in dem Gemenge:

$$69 \cdot 1,34 = 92,$$

mithin, wenn wir diese Zahl von dem Magnetismus des Magneteisensteins abziehen, die Zahl 40135 für den Magnetismus der 31 Proc. Eisenoxydul. Reduciren wir diese Zahl auf die bisherige Gewichtseinheit, so kommt

$$132694$$

für den Magnetismus des Oxyduls, der mithin den Magnetismus des Eisens selbst übersteigen würde.

Behandeln wir die vorliegende Frage als eine mathematische Aufgabe, so ergäbe sich ein mehr zu erwartendes Resultat, wenn wir die chemische Formel für Magneteisenstein ( $\dot{F} + \ddot{F}$ ) in die quantitativ gleichbedeutende ( $2\dot{F} + \ddot{F}$ ) verwandelten. Dann enthielte der Magneteisenstein 62,01 Proc. Eisenoxydul, und wenn wir den Magnetismus des hypothetischen  $\dot{F}$  ganz vernachlässigen, ergäbe sich, auf die Gewichtseinheit reducirt, für den Magnetismus des Oxyduls:

$$64870.$$

27) Sollen wir andererseits annehmen, dass im Magneteisenstein aus der chemischen Verbindung eines stark magnetischen Körpers, des Eisenoxyduls, mit einem schwach magnetischen, dem Eisenoxyd, ein Körper hervorgegangen sey, der noch stärker magnetisch ist als der erste?

Ich wage durchaus noch nicht eine Meinung über die Intensität des Magnetismus des Eisenoxyduls auszusprechen.

28) Es ist wohl die natürlichste Annahme, dass in den meisten Fällen den Oxyden eine kleine Menge von Eisenoxydoxydul beigemengt ist. In dieser Annahme würde zum Beispiel 1 Proc. des letzteren den Magnetismus der übrigen 99 Proc. Oxyd um 402 vermehren, und dann, wenn wir den Magnetismus des Rotheisensteins für das Oxyd zu Grunde legen, als magnetische Intensität

sich ergeben, also ganz annäherungsweise die dem Eisen-  
glanze entsprechende. Die Zunahme des Magnetismus in  
letzterem wäre also durch Beimischung von ungefähr  $\frac{1}{3}$  Proc.  
Eisenoxydul hervorgebracht worden. Es würde dieses in  
dem ganzen Sauerstoffgehalt nur einen Unterschied von un-  
gefähr  $\frac{1}{7}$  Proc. ausmachen, was durch die chemische Ana-  
lyse wohl schwer zu bestimmen seyn möchte.

29) Unter der gemachten Voraussetzung können wir in  
jedem Falle die Beimischung des Eisenoxydoxyduls berechnen,  
wenn wir den Magnetismus des zu untersuchenden Oxyds  
kennen. Nehmen wir zum Beispiel das stark magnetische  
Oxyd III, und machen die Voraussetzung, dass dasselbe  
aus  $x$  Proc. Oxyd und  $y$  Proc. Oxydoxydul bestehe, so  
kommt:

$$x + y = 100$$

$$1,34 \cdot x + 402,27 \cdot y = 15204$$

und hieraus:

$$x = 62,41, y = 37,59,$$

wonach:

$$\text{Oxyd} = 88,35$$

$$\text{Oxydul} = 11,65.$$

30) Die chemische Analyse weist in den Körpern in  
der Regel unmittelbar nur die Mengen der einfachen Stoffe  
nach, die Art der näheren Verbindung dieser letzteren nur  
in Folge einer theoretischen Combination. Was das Eisen  
insbesondere betrifft, so giebt die magnetische Bestimmung  
auch über den letzteren Punkt unmittelbaren Aufschluss.  
Turmalin, Staurolith, Basalt, die, zwischen den Magnetpo-  
len aufgehängt, auch in der stärksten magnetischen Flüs-  
sigkeit nicht aufhören magnetisch sich zu verhalten, könn-  
ten diesen Magnetismus nicht haben, wenn die verhäl-  
tnismäfsig kleine Menge von Eisen, das sie enthalten, ihnen  
als Oxyd beigemengt wäre.

Wir werden im folgenden Paragraphen, wenigstens an  
einem auffallenden Beispiele, zeigen, wie bedeutende Eisen-  
mengen (bis 12 Proc. ausmachend) in bestimmter chemi-

scher Verbindung ihren Magnetismus ganz verlieren können. Hier kann der Elektromagnet das Vorhandenseyn des Eisens nicht mehr nachweisen, dieses Vorhandenseyn aber vorausgesetzt, die Art der Verbindung, in der es vorkommt.

31) Der grosse Unterschied, der in dem magnetischen Verhalten zwischen Oxyd und Oxydul stattfindet, tritt in den *Salzverbindungen* in gleicher Weise nicht mehr hervor. In der Lösung ist schwefelsaures Eisenoxydul zwar stärker magnetisch als schwefelsaures Eisenoxyd, aber nur in dem Verhältnisse, wie

133 : 219.

In den Haloïdsalzen, die wir untersucht haben, ist das Verhältnis das umgekehrte. Das salzaure Eisenoxydul ist schwächer magnetisch als das salzaure Eisenoxyd, und zwar (in der Lösung) in dem Verhältnisse:

190 : 224,

und eben so ist Eisenchlorür schwächer als Eisenchlorid im Verhältnisse:

216 : 254.

32) In den Salzlösungen ist durch das Hinzutreten der Säuren zu dem Oxyde der ursprüngliche Magnetismus dieses letzteren nicht geschwächt.

In dem Falle der Verbindung mit Salpetersäure zeigte sich durchaus keine Aenderung, vorausgesetzt, dass wir sie mit demjenigen Oxyde zusammenstellen, aus dem sie bereitet worden ist. Die Zahlen, welche den beidesmaligen Magnetismus darstellen, sind 287 und 286. Da aber die letzte Zahl, in Gemässheit der vorstehenden Erörterungen (28), muthmaßlich zu gros ist, so hat der Magnetismus des Oxyds durch das Hinzutreten der Salpetersäure wahrscheinlich zugenommen.

Der Magnetismus des Oxyds ist, in seiner Verbindung mit *Schwefelsäure*, grösser als in seiner Verbindung mit *Salpetersäure*, in seiner Verbindung mit *Salzsäure* grösser als in seiner Verbindung mit *Schwefelsäure*. Das Verhältnis (in den Lösungen) ist

287 : 332 : 516.

33) Nach der übersichtlichen Zusammenstellung der drei und zwanzigsten Nummer gewinnt der Eisenvitriol an Magnetismus, wenn er in Wasser aufgelöst wird, im Verhältnis 78 : 126.

Dasselbe scheint auch der Fall zu seyn beim wasserfreien schwefelsauren Eisenoxyd. Hier ergiebt sich das Verhältnis:

111 : 133.

Der Magnetismus des trocknen Salzes ist aus einer früher angestellten Vergleichung mit dem Hydrate (dem in der allgemeinen Uebersicht aufgeführtem), mit dem es zugleich dargestellt worden ist, berechnet. (Siehe die Tafel der zwanzigsten Nummer.)

34) Beim Nickel ist, nach der ein und zwanzigsten Nummer, das ganz unerwartete Verhalten mit Sicherheit constatirt, dass das Oxydulhydrat viel stärker magnetisch ist, als das Oxydul selbst, indem das hinzutretende Hydratwasser den Magnetismus ungefähr auf das Vierfache verstärkt.

Uebereinstimmend mit dem Eisen, hat auch, in dem aufgelösten salpetersauren und salzsäuren Nickelsalze, die zu dem Oxyde hinzutretene Säure den Magnetismus desselben vermehrt, und die Salzsäure mehr (doch nicht in gleichem Grade wie beim Eisen) als die Salpetersäure.

35) Das Mangan bietet eine merkwürdige Analogie mit dem Eisen dar. Im Falle beider Metalle wage ich darüber noch nicht zu entscheiden, ob das Oxydhydrat, wie im Falle des Nickels, stärker magnetisch sey als das bloße Oxyd. Eine Uebereinstimmung mit dem Eisen liegt aber darin, dass das Oxydoxydul, welches im Falle des Mangans durch Glühen des Oxydhydrats entsteht, bedeutend stärker magnetisch ist als das Hydrat und wahrscheinlich auch das Oxyd.

36) Aus der übersichtlichen Zusammenstellung der drei und zwanzigsten Nummer können wir leicht den *relativen Magnetismus der Atome* der untersuchten Substanzen ableiten. Wenn wir nämlich den relativen Magnetismus des Eisens in den verschiedenen chemischen Verbindungen, bei

gleichem Gewichte desselben bestimmt haben, so ist dies auch der relative Magnetismus der Atome dieser Substanzen, vorausgesetzt, dass diese nur ein einziges Atom Eisen enthalten. Wenn die zusammengesetzten Atome der Verbindungen zwei, drei Atome Eisen enthalten, so müssen wir, um den Magnetismus jener Atome zu finden, die in der Uebersicht gegebenen Zahlen mit zwei, drei multipliciren. So ist zum Beispiel, wenn wir den Magnetismus des Eisenatoms 100 000 setzen, der Magnetismus eines Atoms Eisenvitriols ( $\text{FeS} + 7\text{H}$ ) gleich 385, während der eines Atoms schwefelsauren Eisoxyds ( $\text{FeS}_3$ ) gleich  $2 \cdot 349 = 798$  ist.

Die allgemeine Uebersicht gibt ferner etwa für den Magnetismus des Nickels im Nickeloxydul die Zahl 45, und im Nickeloxydulhydrat die Zahl 180. Das Verhältniss dieser Zahlen ist zugleich auch das Verhältniss des Magnetismus eines Nickeloxdul-Atoms und des Magnetismus eines Atoms Nickeloxydhydrats. Um diese Zahlen aber mit den auf Eisen und seine Verbindungen sich beziehenden vergleichen zu können, müssen wir dieselben mit  $\frac{369,33}{350,53}$ , dem Quotienten des Atomgewichts des Eisens in das Atomgewicht des Nickels multipliciren.

Zu demselben Ende müssen wir den Magnetismus des Mangans im Oxyhydrat ( $\text{Mn} + \text{H}$ ), wofür die Uebersicht 116 giebt, zuerst des doppelten Manganatoms wegen mit 2 multipliciren, den Magnetismus des Oxydoxyduls ( $\text{Mn} + \text{Mn}$ ), der gleich 230 bestimmt worden, des dreifachen Manganatoms wegen, mit 3 multipliciren, und dann beidesmal mit  $\frac{344,684}{350,527}$ , dem Quotienten des Atomgewichts des Eisens in das Atomgewicht des Mangans <sup>1)</sup>.

1) Es sind Begriffe, die aus ganz verschiedener Auffassungsweise hervorgegangen sind, wenn wir einmal von dem Magnetismus sprechen, den eine gegebene Eisenmenge in verschiedenen chemischen Verbindungen hat, und das andere Mal von dem Magnetismus der Atome dieser ver-

37) Nach der vorigen Nummer ist die folgende Tabelle berechnet, welche den Magnetismus der Atome einiger chemischer Verbindungen des Eisens, Nickels und Mangans angibt.

schiedenen Verbindungen sprechen. Dass aber beide Begriffe in genauer Beziehung stehen, ist oben schon ausgesprochen, und wird noch klarer durch das Nachstehende.

Nehmen wir zum Beispiel Eisen und das Eisenoxyd I, so haben wir für das Verhältniss des Magnetismus dieser Substanzen, bei gleichem Gewichte, wo etwa ein Gramm von beiden gleichmässig im Innern des Uhrglases verteilt ist, nach der Tabelle der drei und zwanzigsten Nummer das Folgende:

$$100\,000 : 500.$$

Um hieraus das Verhältniss des *Magnetismus der Atome* abzuleiten, müssen wir die obigen Zahlen bezüglich durch die Anzahl der Atome, die in jedem Gramm beider Substanzen enthalten sind, dividiren, oder, was dasselbe ist, mit den bezüglichen Atomgewichten multipliciren. Auf diese Weise kommt im obigen Beispiele:

$$350 \cdot 100\,000 : 1000 \cdot 500 = 100\,000 : \frac{1000}{350} \cdot 500.$$

Setzen wir also den Atom-Magnetismus des Eisens wiederum 100 000, so ist derjenige des Oxyds 500, multiplicirt mit dem Atomgewichte desselben und dividirt durch das Atomgewicht des Eisens.

Betrachten wir andererseits eine gegebene Eisenmenge, einmal für sich, das andere Mal im Oxyd, verbunden mit Sauerstoff, so ist die magnetische Anziehung in beiden Fällen eine verschiedene. Um den Magnetismus des Gramms Eisen in dem Oxyd zu erhalten, müssen wir offenbar den Magnetismus dieses Oxyds, wofür die Tafel der drei und zwanzigsten Nummer 500 giebt, mit

$$\frac{1000}{n \cdot 350}$$

multipliciren, wobei  $n$  die Anzahl der Eisenatome, die in einem Atome der Verbindung sich finden, hier also 2 bedeutet.

Wir sehen aus diesem Beispiele, dass der Magnetismus des Eisens, in irgend einer chemischen Verbindung desselben, gleich ist dem Magnetismus der Atome derselben Eisenverbindung, dividirt durch die Anzahl der Eisenatome, die ein Atom dieser Verbindung enthält: vorausgesetzt, dass wir in beiden Fällen das reine Eisen, für sich, als Vergleichungspunkt nehmen.

	Zusammen- setzung.	Magnetismus des Atoms.
1) Eisen . . . . .	Fe	100 000
2) Magneteisenstein . . . . .	Fe + Fe	166 656
3) Eisenoxyd I . . . . .		1428
4) Eisenoxyd II . . . . .	Fe	818
5) Rotheisenstein . . . . .		392
6) Eisenglanz . . . . .		1522
7) Eisenoxydhydrat . . . . .	Fe + 2 H	592
8) Blutstein . . . . .	Fe + H	480
9) Schwefelkies . . . . .	Fe S <sub>2</sub>	321
10) Schwefelsaures Eisenoxyd	Fe S <sub>3</sub>	698
11) Eisenvitriol . . . . .	Fe S + 7 H	385
12) Nickeloxydul . . . . .	Ni	47
13) Nickeloxydulhydrat . . . . .	Ni + H	190
14) Manganoxydhydrat . . . . .	Mn + H	224
15) Manganoxydoxydul . . . . .	Mn + Mn	696

## In Lösungen.

1) Schwefelsaures Eisenoxydul	Fe S	594
2) - - Eisenoxyd	Fe S <sub>3</sub>	938
3) Salpetersaures Eisenoxyd	Fe N <sub>3</sub>	820
4) Salpetersaures Nickeloxydul	Ni N	219
5) Eisenchlorür . . . . .	Fe Cl	490
6) Eisenchlorid . . . . .	Fe Cl <sub>3</sub>	1474
7) Nickelchlorür . . . . .	Ni Cl	229

Ich brauche wohl nicht ausdrücklich hervorzuheben, daß ich die Zahlen der vorstehenden Tabelle, so wie der früheren, keineswegs als definitiv feststehend betrachte. Sie werden sicherlich eine Correction erhalten, und zwar nicht sowohl wegen der Bestimmungsweise selbst, als wegen der Unsicherheit über die chemische Reinheit der Stoffe, worauf in der Folge bei solchen Bestimmungen hauptsächlich die Aufmerksamkeit zu richten seyn wird.

## §. 3.

**Vergleichung der Intensität des Diamagnetismus  
verschiedener Substanzen.**

38) Ich theile hier zunächst die Resultate zweier Versuchsreihen mit, die nach dem am Ende der sechsten Nummer entwickelten Verfahren angestellt worden sind. Der Elektro-Magnetismus wurde beidesmal durch eine Kette von 10 Grove'schen Trögen hervorgerufen, und jedesmal ungebrauchte Salpetersäure und eine Mischung von 1 Th. Schwefelsäure auf 12 Th. Wasser (dem Volumen nach) genommen. Das Uhrglas mit dem aufgeschliffenen Deckel von Glas wurde, nach einander, mit den verschiedenen Substanzen gefüllt, und das so gefüllte Uhrglas, wie in der fünften Nummer auf die beiden, ihre abgerundeten Enden einander zukehrenden, Halbunker so aufgesetzt, dass es jeden derselben nur in einem einzigen Punkte berührte. Bei der Bestimmung der alsdann erfolgenden Anziehung des Uhrglases stieg der Beobachtungsfehler sicher nicht bis auf 0<sup>gr.</sup>01. Bei den festen Körpern wurde das Gewicht derselben jedesmal bestimmt, bei den flüssigen, in der Regel später, das specifische Gewicht.

Bei der ersten Versuchsreihe ergab sich:

Anziehung des leeren Uhrglases mit seinem

Deckel und dem Messingringe . . . . . 0<sup>gr.</sup>49

Anziehung des Uhrglases angefüllt mit

1) destillirtem Wasser . . . . .	0 ,35
2) Alkohol I . . . . .	0 ,36
3) Schwefeläther . . . . .	0 ,36
4) Lösung von gelbem Blutlaugensalz	0 ,37
5) Lösung von rothem Blutlaugensalz	0 ,72
6) Phosphor . . . . .	0 ,245
7) Wismuthoxyd . . . . .	0 ,43
8) Schwefelblüthe . . . . .	0 ,39
9) Schwefelsäure . . . . .	0 ,40.

39) Um die Constanze der Kraft des Magneten zu prüfen, wurde, zwischen den verschiedenen Bestimmungen, Abwägungen eines zweiten mit der Schmalzmischung III (100

Schmalz 1,6 Eisen) angefüllten, schon in der elften Nummer erwähnten Uhrglases eingeschaltet. Beim ersten Schließen der Kette wurde das Uhrglas durch ein Gewicht von 69<sup>gr.</sup>,9 abgezogen, es nahm dieses Gewicht stetig zu, bis es sein Maximum 71<sup>gr.</sup>,3 erreichte, und nahm dann gegen Ende wieder bis 70<sup>gr.</sup>,0 ab. Die Abwägungen, welche möglichst rasch auf einander folgten, dauerten drei Stunden. Nach jeder Abwägung wurde die Kette geöffnet; die Anker aber blieben durchaus unverrückt.

Ich habe vorgezogen, in Beziehung auf die anfängliche Zunahme und darauf folgende Abnahme der Kraft des Elektromagneten, keine Reductionen in den Resultaten der Abwägungen anzubringen. Handelte sich's um bloß magnetische Substanzen, so kommen wir offenbar der Wirklichkeit näher, wenn wir die Anziehungen den Gewichten proportional setzen, die in den verschiedenen Momenten zur Abziehung des Normaluhrglases erforderlich sind. Aber, nach mehrfachen Beobachtungen und den Erörterungen des folgenden Paragraphen, halte ich dieses Verfahren, das auch noch in Folge grösseren Zeitaufwandes die Ungleichheiten in der Stromstärke vergrößert, hier, wo der Elektromagnet auf eine Verbindung von magnetischen und diamagnetischen Substanzen wirkt, für nicht gerechtfertigt. Ueberdies würde die Correction nur einen geringen Einfluss auf das Resultat haben. Ich ziehe daher vor, den Strom von vorne herein als constant zu betrachten.

40) Die zweite Versuchsreihe wurde am folgenden Tage angestellt; die Halbanker waren unverrückt geblieben, bei Anwendung frischer Säure wurde eine gleiche Kette in Thätigkeit gesetzt. Nachdem dieselbe einige Zeit gewirkt hatte, war zum Abziehen des Probeuhrglases ein Gewicht von 70<sup>gr.</sup>,5 erforderlich, und dieses Gewicht änderte sich während der weniger langen Dauer der Abwägungen nur um ein Paar Decigramme. Auch fand sich die Anziehung des leeren, so wie des mit destillirtem Wasser gefüllten Glases genau wie am vorigen Tage, so dass wir die beiden Versuchsreihen in eine einzige verschmelzen können.

Bei der zweiten Versuchsreihe fand sich die Anziehung des Uhrglases gefüllt mit

- 1) Alkokol II 0gr.32
- 2) geschlagenem Ochsenblut 0 ,32
- 3) Quecksilber 0 ,05
- 4) Schwefelkohlenstoff 0 ,31
- 5) Salzsäure 0 ,33
- 6) Salpetersäure 0 ,39
- 7) Terpenthinöl 0 ,34
- 8) gepulvertem rothem Blutlaugensalz 1 ,49
- 9) gepulvertem Kochsalz 0 ,36

Die Gewichte der untersuchten festen Substanzen waren:

Phosphor	23gr.30	Wismuthoxyd	14gr.10
Schwefelblüthe	11 ,41	Kochsalz	13 ,52
Rothes Blutlaugensalz 11gr.05.			

Die spezifischen Gewichte wurden, mit Ausnahme für Schwefelkohlenstoff und Terpenthinöl, durch unmittelbare Bestimmung gefunden:

Alkohol I	0,813	Schwefelsäure	1,839
Alkohol II	0,851	Salpetersäure	1,502
Schwefeläther	0,730	Salzsäure	1,123
Schwefelkohlenstoff	1,263	Lösung von gelbem	
Terpenthinöl	0,870	Blutlaugensalz	1,224
		Phosphor	1,72.

41) Aus den Bestimmungen der letzten Nummern habe ich die nachstehende Tabelle zusammengestellt.

	Diamagnetische Abstösung.	Diamagnetismus bei gleichem Vol.	Diamagnetismus b. gleichem Gew.
Wasser	0gr.14	100	100
Alkohol I (0,813)	0 ,13	93	114
Alkohol II (0,851)	0 ,17	122,5	143
Schwefeläther	0 ,13	93	127
Schwefelkohlenstoff	0 ,18	129	102
Schwefelsäure	0 ,09	64	34
Salzsäure	0 ,16	114	102
Salpetersäure	0 ,10	71	48
Geschlagenes Ochsenblut	0 ,17	122,5	—
Gesättigte Lösung von gelbem			
Blutlaugensalz	0 ,12	86	70

	Diamagne- tische Ab- stosung.	Diamagneti- smus bei glei- chem Vol.	Diamagneti- smus b. glei- chem Gew.
Gereinigtes Kochsalz, gepulvert.	0gr.13	—	79
Wismuthoxyd, gepulvert . . . . .	0 ,06	—	35
Schwefelblüthe . . . . .	0 ,10	—	71
Terpenthinöl . . . . .	0 ,15	107	123
Quecksilber . . . . .	0 ,44	314	23
Phosphor . . . . .	0 ,245	1,72	100

Die erste Column der vorstehenden Tabelle giebt die Abstosung, welche die verschiedenen, in das Uhrglas eingeschlossenen, Substanzen durch den Elektromagneten erleiden, ausgedrückt in Grammen. In der zweiten Column ist die diamagnetische Abstosung des Wassers gleich 100 gesetzt, und hiernach die Abstosung der übrigen Substanzen berechnet. Diese Zahlen haben eine allgemeine Bedeutung, und sind von dem Volumen und der Begränzung der geprüften Substanz unabhängig; in der Art, dass wenn wir die verschiedenen Substanzen in eine andere gegebene Form bringen und diese in gleichmässiger Weise von den Polen abziehen, dieselben Zahlen sich ergeben müssen. Für die gepulverten Substanzen sind diese Zahlen fortgelassen, weil sie einer allgemeinen Bedeutung entbehren. In der dritten Column ist die diamagnetische Abstosung, welche *gleiche Gewichte* der untersuchten Substanzen erleiden, durch Zahlen ausgedrückt, indem wieder die Abstosung des Wassers gleich 100 gesetzt ist. Diese Zahlen geben also die entsprechenden diamagnetischen Abstosungen, wenn wir in dieselbe gegebene Form, gleichmässig vertheilt, gleiche Gewichte der verschiedenen Substanzen bringen. Hier haben auch die, den verschiedenen Pulvern entsprechenden, Zahlen eine vollkommen bestimmte Bedeutung. Es wurden dieselben mässig stark und jedesmal möglichst gleichförmig in das Uhrglas zuletzt mit dem Deckel eingedrückt. Die Gleichmässigkeit des Eindrückens vorausgesetzt, hat die grössere oder geringere Dichtigkeit auf die Zahlen der dritten Column keinen Einfluss.

42) An die vorstehende Tabelle knüpfen ich die folgenden Erläuterungen und Bemerkungen.

Das untersuchte *Quecksilber*, aus der hiesigen chemischen Fabrik, war rein. Das Uhrglas wurde mit demselben angefüllt, wie mit den andern Flüssigkeiten, nur hob es, am Rande eine convexe Form annehmend, den Deckel in die Höhe, so dass es, da wo es von den beiden Halbalkern am entferntesten war, eine etwas andere Form annahm. Die davon herrührende Verminderung in der diamagnetischen Abstösung halte ich für kaum merklich.

*Unreines Quecksilber* kann sich magnetisch verhalten (70). 43) Der *Phosphor* wurde in Wasser geschmolzen, in das Uhrglas gegossen und mit dem Deckel abgestrichen. Er erstarrte dann im Uhrglase. Mit eben dieser Phosphormasse waren früher einige vorläufige Versuche gemacht worden. Insbesondere wurden auch bei einer geringeren Stromstärke (der Magnetismus wurde durch bloß vier Grove'sche Tröge hervorgerufen) die Intensitäten der diamagnetischen Abstösung des Phosphors und des Wassers verglichen. Jener wurde mit einer Kraft, von 0<sup>gr</sup>,14 dieses mit einer Kraft von 0<sup>gr</sup>,08 abgestossen, so dass also die bei gleichem Volumen auf Wasser und Phosphor wirkenden diamagnetischen Kräfte sich verhalten wie

$$100 : 175.$$

Es stimmt dieses Resultat vollkommen gut mit dem vorstehenden überein. Eine solche Uebereinstimmung von Resultaten, die unter verschiedenen Umständen gewonnen sind, ist eine Bestätigung für die Richtigkeit unserer Auffassungsweise, die wir unmittelbar für den Fall des Magnetismus begründet, auf den Fall des Diamagnetismus aber, in so weit sie die Vergleichung seiner Intensität betrifft, nur nach Analogie ausgedehnt haben.

44) Der *Alkohol I*, den ich in der ersten Versuchsreihe der Prüfung unterworfen, zeigte sich bei gleichem Volum weniger stark diamagnetisch als Wasser, obgleich ein früherer, wenn auch nur vorläufiger Versuch, unzweifelhaft dargethan hatte, dass, im Gegentheil Alkohol stärker diamagnetisch ist als Wasser. Es musste mich dies um so mehr befremden, als ich für den früheren Alkohol II ge-

wöhllichen Brennalkohol von 0,851 spec. Gewichte genommen, den Alkohol I aber aus der hiesigen chemischen Fabrik bezogen hatte. Zur Controle untersuchte ich am folgenden Tage den Alkohol II von Neuem, und fand dabei die früheren Resultate bestätigt, so wie auch ganz genau die Abwägung des vorigen Tages mit Alkohol I. So unwahrscheinlich es mir auch vorkommen musste, dass Alkohol in Verbindung mit weniger Wasser schwächer, in Verbindung mit mehr Wasser stärker diamagnetisch seyn sollte, als das reine Wasser, so machte ich doch den directen Versuch, um hierüber zu entscheiden, indem ich dem Alkohol I Wasser zusetzte. Hierbei änderte sich der Diamagnetismus desselben nur wenig, indem er sich anscheinend dem Diamagnetismus des Wassers — es handelte sich um sehr geringe Größen — mehr annäherte. Hiernach bleibt wohl nur noch übrig anzunehmen, dass der Alkohol I Eisen oder eine andere magnetische Substanz beigemischt enthielt, die er wahrscheinlich bei der Rectificirung aufgenommen hatte <sup>1</sup>).

Bei den sehr flüchtigen Flüssigkeiten ist die Verdunstung während des Versuchs eine Fehlerquelle. Der daraus hervorgehende Fehler würde indes den Diamagnetismus der fraglichen Flüssigkeiten zu groß geben, so dass ein solcher keine Erklärung im vorliegenden Falle liefern könnte.

45) Die drei von mir der Prüfung unterworfenen Säuren sind nicht gleich stark diamagnetisch; am stärksten diamagnetisch ist *Salzsäure*, dann kommt *Salpetersäure* und zuletzt *Schwefelsäure*.

46) Vor Allem merkwürdig ist das Verhalten der beiden *Blutlaugensalze*. In der sechs und vierzigsten Nummer meiner Abhandlung über die Wirkung der Magnete auf gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten <sup>2</sup>) habe ich beide als diamagnetisch bezeichnet, was bereits auch Hr. Faraday

1) Diese Vermuthung wird vielleicht auch noch durch den Umstand unterstützt, dass der gewöhnliche Alkohol mit einer bläulichen, der rectificirte mit einer gelben Flamme brennt.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 73, S. 573.

schon gefunden hatte, indem er Krystalle von beiden Salzen schwingen ließ. Für das *gelbe Blutlaugensalz* ist die Thatsache unzweifelhaft, wenn ich auch meine Behauptung, daß eine gesättigte Lösung desselben stärker diamagnetisch ist als Wasser, nun zurücknehmen muß. Sie beruhte auf der beobachteten Bewegung, die eine solche Lösung in einem Uhrglase, das auf die einander genäherte Magnetpole gestellt wird, beim Schließen der Kette annimmt; wobei es auf eine unbestimmte Schätzung ankommt, die, wahrscheinlich der geringeren Durchsichtigkeit wegen, zu Gunsten der Lösung des Blutlaugensalzes ausschlug. Anders aber verhält es sich mit der Behauptung, daß auch das *rothe Blutlaugensalz* diamagnetisch ist: es ist, im Gegentheil, *entschieden magnetisch*. Wenn meine frühere Beobachtung, über die sich die ursprüngliche Notiz nicht vorfindet, so wie die *Faraday'sche* zu einer Zeit zurückgeht, in der ich die in meiner Abhandlung über die Abstossung der optischen Axen der Krystalle durch die Pole der Magnete <sup>1)</sup> noch nicht kannte, so lag es nah, einer richtigen Beobachtung eine falsche Deutung zu geben.

Bei der ersten Versuchsreihe ergab sich eine ziemlich concentrirte Lösung von rothem Blutlaugensalze aus einer hiesigen Apotheke entschieden magnetisch. Die *magnetische Anziehung* desselben betrug 164, wenn wir die entsprechende *diamagnetische Abstossung* des Wassers gleich 100 setzen. Zur Controle untersuchte ich bei der zweiten Versuchsreihe Krystalle von rotem Blutlaugensalz, aus der hiesigen chemischen Fabrik bezogen, die ich fein pulverisierte und dann in das Uhrglas füllte: sie bewiesen sich stark magnetisch; bei gleichem Gewichte wurden sie 7,4 Mal stärker magnetisch angezogen, als Wasser diamagnetisch abgestossen wurde. Ich vermutete sogleich, daß die gegentheilige Behauptung in einer magnetischen Axenwirkung ihren Grund haben könnte. Um hierüber zu entscheiden, wählte ich zwei Krystalle, einen kleinen, den mir Hr. Prof. Bergemann als chemisch rein gab, und einen gröfseren, der

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 72, S. 315.

schon längere Zeit in meinen Händen war und aus der Schönebecker Fabrik herrührte. Beide Krystalle, mit ihrer Längenrichtung horizontal schwingend zwischen den *genäherten* Polspitzen aufgehängt, sprangen beim Schließen der Kette an die nähere dieser Polspitzen an, und selbst auch dann noch, wenn der Strom, statt durch zehn Tröge, durch einen einzigen derselben erregt wurde. Wenn aber die Krystalle durch Verkürzung oder Verlängerung des Cocondens, an dem sie hingen, nur um ein Geringes über die Linie der Polspitzen gehoben oder unter dieselbe gesenkt wurden, so stellten sie sich mit Entschiedenheit in die aequatoriale Lage, wie es ein stark diamagnetischer nicht kry-  
stallischer Körper von derselben Form gethan haben würde. Ich werde hierauf in einer Note zu meiner oben citirten Abhandlung nochmals zurückkommen; hier muß ich abbre-  
chen. Soviel ist aber unzweifelhaft, daß sämmtliches, aus verschiedenen Quellen herrührendes, rothes Blutlaugensalz magnetisch ist.

47) Es ist der Magnetismus des rothen Blutlaugensal-  
zes, im Gegensatze des Diamagnetismus des gelben Blut-  
laugensalzes, um so auffallender, als letzteres ( $Fe Cy + 2K Cy$ )  
eine Verbindung von Eisencyanür und ersteres ( $FCy_3 + 3K Cy$ )  
von Eisencyanid mit Kaliumcyanür, das Cyanid aber eine  
Verbindungsstufe ist, in der das Eisen gegen das Cyan  
mehr zurücktritt, als im Cyanür. In gewissem Sinne hat  
das gegenseitige Verhalten des Eisenchlorürs und Eisenchlo-  
rids, wo dieses (in der Lösung) zwar nicht *magnetisch*, aber  
doch *schwächer diamagnetisch* ist als jenes, hiemit eine  
Analogie.

Der Magnetismus des rothen Blutlaugensalzes scheint zu stark zu seyn, als daß er, was mir einen Augenblick wahr-  
scheinlich vorkam, einer Beimischung von Eisenchlorür, des-  
sen Menge alsdann zu groß seyn müßte, zugeschrieben wer-  
den könnte.

48) Werfen wir schließlich noch einen Blick auf die letzte Column der Tabelle der ein und vierzigsten Nummer zurück, welche, *bei gleichem Gewichte*, den Diamagnetismus

der verschiedenen Substanzen angiebt, so fällt in die Augen, dass dieser Diamagnetismus bei allen aufgezählten Substanzen, die keine Mischungen in unbestimmtem Verhältnisse sind, innerhalb der Fehlergränzen der Beobachtung durch ganz einfache Zahlenverhältnisse sich ausdrücken lassen. Die Abweichung ist am größten bei Schwefelblüthe und Kochsalz, nämlich  $\frac{1}{4}$ , doch hier ist auch, wegen des ungleichmässigen Eindrückens der gepulverten Substanz, der wahrscheinliche Fehler am größten. Die fraglichen einfachen Zahlverhältnisse sind:

Phosphor, Wasser, Schwefelkohlenstoff, Salzsäure	1
Schwefeläther, Terpenthinöl	$\frac{5}{4}$
Schwefelblüthe, Kochsalz	$\frac{3}{4}$
Salpetersäure	$\frac{1}{2}$
Wismuthoxyd, Schwefelsäure	$\frac{1}{3}$
Quecksilber	$\frac{1}{4}$

Sollte diese Beziehung eine zufällige seyn, oder wird sie sich allgemein bestätigen? Wir wollen vorerst abwarten, ob letzteres der Fall seyn wird.

#### §. 4.

### Ueber die Vergleichung der Intensitäten der magnetischen Anziehung und diamagnetischen Abstosfung.

49) In meiner Abhandlung über das Verhältniss zwischen Magnetismus und Diamagnetismus, habe ich <sup>1)</sup> nachgewiesen, dass wenn magnetische und diamagnetische Substanzen gemischt sind, und demnach magnetische und diamagnetische Kräfte neben einander bestehen, die erstgenannten Kräfte mit der Entfernung langsamer abnehmen als die letztgenannten; dass hiernach derselbe Körper einmal wie ein *magnetischer*, das andere Mal wie ein *diamagnetischer* sich verhalten kann. Es folgt hieraus, dass es unmöglich ist, die relativen Intensitäten magnetischer und diamagnetischer Kräfte durch Zahlen allgemein auszudrücken. Denn wie wäre dies möglich, wenn derselbe Körper je nach der Ent-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 72, S. 347.

fernung einmal vom Elektromagnete angezogen, das andere Mal von demselben abgestossen würde, so dass bei demselben Körper die wirksame Kraft nicht nur abnehmen, sondern auch ihr Zeichen ändern kann. In einer späteren Abhandlung über diamagnetische Polarität<sup>1)</sup> habe ich gezeigt, dass in den oben besprochenen Erscheinungen die Entfernung nicht als solche, sondern nur in sofern in Betracht kommt, als mit der Entfernung von den Polen *die Kraft des Elektromagneten abnimmt*, dass wenigstens derselbe Körper von einem *starken* Elektromagnete diamagnetisch abgestossen und unter denselben Verhältnissen von einem *schwächeren* magnetisch angezogen werden kann; dass *bei wachsender Kraft des Elektromagneten der Diamagnetismus in rascherem Verhältnisse zunimmt, als der Magnetismus*. Das in der früheren Abhandlung abgeleitete Gesetz besteht hiernach fort, nur erhält es eine andere theoretische Interpretation und wird erweitert. Jetzt kann, nach meiner Auffassungsweise, gar nicht mehr die Rede davon seyn, den Quotienten der magnetischen Anziehung des einen und der diamagnetischen Abstossung des andern Körpers durch absolute Zahlen auszudrücken: dieser Quotient ist eine Function der Stärke des Elektromagneten.

Ich werde zunächst noch eine Reihe von Beobachtungen beschreiben, die auf den ersten Blick sehr befremden, bei näherer Erwägung aber eine nothwendige Folge aus dem in der vorigen Nummer angeführten Gesetze sind.

50) Bei der Bestimmung der Intensität der diamagnetischen Abstossung des Phosphors wurde, wie oben erörtert, das mit demselben angefüllte Uhrglas an dem einen Ende des Wagbalkens angehängt und so aequilibriert, dass es dicht über den beiden Halbalkern schwebend erhalten wurde. Nach Erregung des Magnetismus durch 10 Grove'sche Tröge wurde es angezogen, und ein Gewicht von ungefähr 0<sup>gr</sup>.25 auf die am andern Ende des Wagbalkens hängende Schale aufgelegt, war erforderlich, um das Uhrglas mit dem Phosphor von den Halbalkern abzureißen. Nach dem Abreissen

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 73, S. 618.

aber wurde das Uhrglas in einer bestimmten Entfernung (von etwa 50<sup>mm</sup>) von dem Elektromagneten *durch diesen festgehalten*, in der Art, dass dasselbe, weiter entfernt von dem Magnete *angezogen*, mehr genähert von demselben *abgestossen* wurde. Beim Oeffnen der Kette entfernte sich das Uhrglas mit dem Phosphor weiter vom Elektromagneten.

Bei der Anwendung von bloß zwei Trögen zeigte sich die beschriebene Erscheinung besser noch, ein kleineres Uebergewicht zog dann das Uhrglas schon ab, und dieses kam in einer gröfseren Nähe des Elektromagneten in die Ruhe eines stabilen Gleichgewichtes. War diese eingetreten und wurde dann der Magnetismus aufgehoben, so entfernte sich das Uhrglas ganz von dem Elektromagneten.

Dieselbe Erscheinung zeigte sich, bei 10 Trögen sehr gut, wenn der Phosphor aus dem Uhrglase fortgenommen und unmittelbar in den Messingring gelegt wurde. Die Lage des Gleichgewichts fand in diesem Falle in einer Entfernung von 4<sup>mm</sup> bis 5<sup>mm</sup> von den beiden Halbäckern statt.

51) Wenn endlich Quecksilber statt des Phosphors in das Uhrglas gebracht wurde, wobei das Abreissen desselben bei dem geringen Uebergewichte von 0<sup>gr</sup>,05 erfolgte, so kam das Uhrglas in einer ganz geringen Entfernung (etwa 1<sup>mm</sup>) von den Halbäckern in eine stabile Gleichgewichtslage, so dass, aus einiger Entfernung, dasselbe noch an den Halbäckern zu haften schien. Ein namhaftes Uebergewicht war nothwendig, um das Uhrglas von den Halbäckern weiter zu entfernen: eine solche Entfernung erfolgte unmittelbar, sobald der Magnetismus aufgehoben wurde.

Bei einem andern Versuche wurden 120<sup>gr</sup> Quecksilber in eine unten sphärisch abgerundete Porzellanschale gegossen und diese in einem Messingringe aufgehängt. Da die Anziehung der leeren Schale mit dem Ringe zu schwach war, wurde an dem entsprechenden Wagbalken mit Wachs ein Eisenstäbchen (axial gerichtet) befestigt, wodurch, bei 10 Trögen, diese Anziehung bis auf 15<sup>gr</sup>,20 anstieg. Die Schale mit dem Quecksilber wurde alsdann durch eine Belastung von 0<sup>gr</sup>,80 abgezogen, so dass für die diamagneti-

sche Abstossung des Quecksilbers 0<sup>gr.</sup>40 sich ergiebt. Die stabile Lage des Gleichgewichts fand bei einer Erhebung von 1<sup>mm</sup> bis 2<sup>mm</sup> statt, beim Oeffnen der Kette erhab sich die Schale um mehr als 100<sup>mm</sup>.

52) Bei den in der vorigen Nummer beschriebenen Versuchen giebt es eigentlich *zwei* Lagen des Gleichgewichts: eine *stabile* in einer gewissen Entfernung von den Halbalkern, und eine *labile* bei der Berühring der Halbalkern. Diese zweite Gleichgewichtslage können wir noch anschaulicher machen. In dieser Absicht stülle ich das Uhrglas mit der Schmalzmischung III der neunten Nummer (auf 100 Gewichtstheile Schmalz 1 Gewichtstheil Eisen) und aequilibirte dasselbe in einer gröfseren Entfernung (127<sup>mm</sup>) über den beiden Halbalkern. Beim Schliessen der Kette von 6 Trögen wurde es (bis auf 116<sup>mm</sup>) herabgezogen und kam in ein stabiles Gleichgewicht, so dafs, wenn es tiefer mit der Hand herabgedrückt wurde, wieder in die Lage dieses Gleichgewichts zurückkam. Nur durfte bei dem Herabdrücken des Uhrglases eine gewisse Gränze nicht überschritten werden. Diese Gränze (einer Entfernung von 91<sup>mm</sup> von den Halbalkern entsprechend) bezeichnete die Lage des labilen Gleichgewichts. Wurde sie überschritten, so bewegte sich das Uhrglas mit grosser Gewalt und beschleunigter Geschwindigkeit zu den Halbalkern, von denen es nur durch ein Gewicht von etwa 80<sup>gr.</sup> wieder abgezogen werden konnte.

53) Alle beschriebenen Erscheinungen, mit allen ihren Modificationen finden ihre vollständige Erklärung darin, dafs der Elektromagnet hierbei überall auf ein System, eine Verbindung von magnetischen und diamagnetischen Substanzen wirkt, und mit der Kraft des Elektromagneten und also auch mit der Entfernung von demselben der Magnetismus langsamer abnimmt als der Diamagnetismus. Es tritt hier wirklich ein, was ich schon in der ersten der beiden oben angeführten Abhandlungen, ohne die beschriebenen Erscheinungen zu kennen, aus theoretischen Gründen in den folgenden Worten vorhergesagt hatte. »Aus den gewonnenen Resultaten scheint ferner nothwendig zu folgen, dafs

derselbe Körper etwa in der Form einer Kugel in kleinerer oder größerer Entfernung von einem Magnetpole ihrer (seiner) ganzen Masse nach einmal abgestoßen, das andere Mal angezogen werden kann.“

54) Könnten wir also die Kraft des Elektromagneten in dem Grade verstärken, daß nicht nur die magnetische Anziehung, sondern auch die diamagnetische Abstofzung die Kraft der Schwere überböte, so würde die sonderbare Erscheinung eintreten, *dafs ein aus einer gehörigen Mischung von magnetischen und diamagnetischen Substanzen gebildeter Körper, frei in der Luft über den Polen des Magneten schwebend, durch diesen letzteren gehalten würde.* Es ließe sich vielleicht jetzt schon der Versuch ausführen, wenn wir die Pole des Magneten nach unten kehrten, wo dann die Kraft der Schwere größtentheils durch die nach entgegengesetzter Richtung wirkende magnetische Anziehung, statt durch das Gegengewicht, aequilibriert werden könnte, und dann nur noch der Ueberschuss der magnetischen Anziehung über die Schwere und die diamagnetische Abstofzung wirksam blieben.

55) Aus den Versuchen der funfigsten und zwei und funfigsten Nummer können wir das Verhältniss der Abnahme der magnetischen Kraft zur Abnahme der diamagnetischen Kraft bei wachsender Entfernung *numerisch bestimmen.* Bezeichnen wir zu diesem Ende die Intensität der magnetischen Wirkung, wenn das Uhrglas auf den Halbannenkern aufliegt, durch *M*, die Intensität der diamagnetischen Kraft durch *D* und endlich das zum Abreissen des Uhrglases gerade nothwendige Gewicht durch *G*, so ist:

$$M - D = G.$$

Nennen wir die Intensitäten der magnetischen und diamagnetischen Kraft in der Entfernung des stabilen Gleichgewichts *m* und *d*, so ist wiederum:

$$m - d = G.$$

Die magnetische Anziehung und diamagnetische Abstofzung haben also beide um dieselbe Gröfse abgenommen. Die

relative Abnahme der ersteren ist also kleiner als die relative Abnahme der letzteren, und zwar im Verhältnisse  $\frac{M}{D}$ .

Für das letzte Beispiel der ein und funfzigsten Nummer, wo  $M=1,21$ ,  $D=0,40$ ,  $G=0,80$ , wurde also, indem die Schale die Halbunker verliess, und, um ein Geringes sich erhebend, in die stabile Gleichgewichtslage trat, der Magnetismus der Schale verhältnismässig *drei Mal* weniger geschwächt, als der Diamagnetismus des Quecksilbers.

Die beschriebenen Beobachtungen liefern indefs kein reines Resultat, weil Uhrglas und Schale gröfstentheils selbst aus diamagnetischen Substanzen bestehen. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, müfsten wir mit einer bloß diamagnetischen Substanz eine bloß magnetische verbinden, etwa mit Wismuth Eisen, und da auf letzteres der Elektromagnet mit um so sehr viel gröfserer Kraft wirkt, beide durch einen längeren Faden so verbinden, dass das Wismuth bis zur Berührung mit den beiden Halbalkern kommen könnte, während das Eisen in gröfserer Entfernung über denselben sich befände.

56) Dass der Diamagnetismus bei zunehmender Stärke des Elektromagneten rascher wächst als der Magnetismus, können wir durch directe Abwägungen bestätigen.

Ich nahm, um dieses vorläufig zu zeigen, eine hohle Halbkugel von Messingblech, die ich, wie das Uhrglas, aufhing. Ich schmolz in derselben ungefähr  $115^{\circ}$  Wismuth und ließ es wieder erstarren. Die erstarrte Masse konnte herausgenommen und wieder hineingelegt werden. Es betrug, indem nach einander *zwei, drei und zehn* Tröge angewandt wurden, die Anziehung der leeren Messingschale bezüglich:

$0^{\circ},69$     $1^{\circ},13$     $2^{\circ},15$

und die Anziehung der Messingschale mit dem Wismuth:

$0^{\circ},53$     $0^{\circ},71$     $0^{\circ},48$ ,

wonach sich für den Diamagnetismus des Wismuths

$0^{\circ},14$     $0^{\circ},42$     $1^{\circ},67$

ergiebt.

Hätten wir in den vorstehenden Bestimmungen in die

zur Aufnahme der Gewichte zum Abziehen bestimmte Wag-  
schale ein Gewicht von 0<sup>gr.</sup>60 gelegt, so wäre die Mes-  
singschale mit dem Wismuth, in der ersten und dritten Be-  
stimmung von dem Elektromagnete *abgestossen*, in der zweiten  
aber *angezogen* worden.

Um den Bestimmungen dieser Nummer die erforderliche  
Genauigkeit zu geben, müfsten wir sie in der Art modifi-  
ciren, daß wir einmal die Anziehung rein magnetischer Sub-  
stanzen, oder solcher Mischungen, in welchen dieselben  
durchaus vorherrschen, und das andere Mal die Abstofung  
rein diamagnetischer Substanzen, die wir beidesmal, etwa  
wie früher in dasselbe Uhrglas brächten, bei verschiedenen  
Stromstärken verglichen.

57) Ich habe schon in der sechsten Nummer meiner Ab-  
handlung vom 8. September 1847 aus theoretischen Grün-  
den den Schlufs gezogen, daß *wir durch Mischung zweier  
Substanzen, von denen die eine magnetisch, die andere dia-  
magnetisch ist, keinen Körper darstellen können, der abso-  
lut indifferent gegen den Magneten sich verhält*. Damals  
konnte ich diels nur darauf beziehen, daß ein solcher für  
einen gegebenen Abstand indifferenter Körper, bei Abnahme  
des Abstandes, diamagnetisch, bei Zunahme desselben, mag-  
netisch sey. Jetzt können wir diels dahin ausdehnen, daß  
derselbe Körper der unter übrigens ganz gleichen Umstän-  
den bei schwächerem Magnetismus magnetisch ist, bei wach-  
sender Kraft des Magneten, durch den indifferennten Zu-  
stand hindurchgehend, diamagnetisch werden kann. Eine  
directe Bestätigung erschien mir wünschenswerth. Demnach  
nahm ich ein Gramm Eisenvitriolkristalle, die sich frisch  
gebildet hatten, und die ich sorgfältig abtrocknete, löste  
dieselben in 50<sup>gr.</sup> destillirten Wassers und füllte mit der  
Lösung das Uhrglas, das zu den Intensitätsbestimmungen  
gedient hatte. Wenn der Elektromagnetismus durch zwei  
Tröge erregt wurde, so zeigte sich, nach dem bei jenen  
Bestimmungen angewandten Verfahren, daß das Uhrglas  
mit der Füllung etwas stärker angezogen wurde, als das  
leere Uhrglas. Wurden hingegen *zehn* Tröge in Thätigkeit

gesetzt, so fand das Umgekehrte statt. Also verhielt sich die Lösung im ersten Falle *magnetisch*, im zweiten *diamagnetisch*.

Das Uhrglas mit seinem Deckel und dem Ringe war noch zu stark magnetisch, um solchen Bestimmungen die ganze Genauigkeit zu geben, deren sie fähig sind. Die obige ungefähre Bestimmung des Indifferenzpunktes ist übrigens genauer, als die entsprechende der zwei und vierzigsten Nummer meiner Abhandlung vom 22. Januar 1848, weil hier die Verdunstung der unverschlossenen Flüssigkeit, bei ihrer geringen Menge und grossen Ausbreitung, das Resultat stört.

Hr. Faraday gibt an, dass 48,6 Gran Eisenvitriolkrystalle einer Wassermenge von 10 Kubikzoll noch nicht den Diamagnetismus nehmen. Es giebt dies, das Gewicht des englischen Kubikzolls Wasser gleich 250,46 Gran gesetzt, das Verhältniss 1 : 52.

58) Wir haben früher (23) den Magnetismus des *im Wasser aufgelösten Eisenvitriols* gleich

126

gefunden, wobei der Magnetismus des Eisens, bei gleichem Gewichte, gleich 100 000 gesetzt ist. Vertheilen wir gleichmässig in denselben Raum, der früher mit der Gewichtseinheit Eisenvitriol angefüllt war, nun bloß den 50<sup>sten</sup> Theil, so reducirt sich der Magnetismus auf

2,5.

Seine Intensität wäre also nur der 40000<sup>ste</sup> Theil derjenigen, die bei einer Gewichtseinheit Eisen stattfindet.

Nehmen wir dieselbe Zahl als Maafs für die diamagnetische Abstösung des Wassers, so würde bei der Anwendung von *sechs* Grove'schen Trögen ein Gramm Wasser, gleichmässig im Uhrglase vertheilt, eine Abstösung von bei-läufig  $\frac{5}{6} \cdot 2,5 = \frac{25}{6}$  Grm. erleiden (18). Das Wasser, das das Uhrglas füllt, im Gewichte von 11<sup>st</sup>,5 ungefähr, würde hiernach eine Abstösung von

0<sup>st</sup>,14

erfahren. Diese Zahl ist etwas grösser, als die von der Poggendorff's Annal. Bd. LXXIV.

Beobachtung gegebene, es ist diejenige, die wir bei der Anwendung von zehn Trögen gefunden haben.

Es scheint hiernach, indem wir die Aufhebung des Diamagnetismus des Wassers durch den Magnetismus des Eisenvitriols als eine Compensirung betrachten, *dass eine grössere Menge von Magnetismus erforderlich ist, um eine kleinere Menge von Diamagnetismus zu neutralisiren.*

Dieses Resultat, wenn es überhaupt allgemein gültig ist, steht offenbar damit in Verbindung, dass der Magnetismus langsamer mit der Zunahme der Kraft wächst, als der Diamagnetismus, was darauf hinzuleiten scheint, dass der Erregung des letzteren grössere Hemmnisse, eine grössere Coer-  
citivkraft, entgegensteht<sup>1)</sup>.

Nähmen wir in der vorstehenden Entwicklung — offenbar aber mit weniger Grund — statt des Magnetismus des Eisenvitriols in seiner wässrigen Lösung den Magnetismus des festen Eisenvitriols, so würde sich für die diamagnetische Abstofung des Wassers im Uhrglase nur

0<sup>o</sup>,08

ergeben, was zu wenig wäre; denn diese Abstofung haben wir bei Anwendung von bloß vier Trögen gefunden.

### §. 5.

#### Ueber den Einfluss der Wärme auf die Intensität des Magnetismus und Diamagnetismus.

59) Der Einfluss, den die Wärme auf den Magnetismus ausübt, ist Gegenstand vielfältiger Untersuchungen gewesen. Mit Genauigkeit hat man indes nur den Einfluss, den dieselbe auf permanente Stahlmagnete ausübt, untersucht. Dieser permanente Magnetismus wird durch die Weisglühhitze zerstört; zugleich fand man, dass bei dieser Temperatur auch das Eisen der Anziehung des Magneten nicht mehr folgte. Hieran reihen sich die Beobachtungen des Hrn. Pouillet, dass Kobalt auch bei der höchsten Temperatur magnetisch bleibt, dass, bei zunehmender Wärme, Chrom etwas unter der Rothglühhitze, Nickel bei 350° C. und Mangan bei 25° bis 20° C. unter Null aufhört magne-

1) Vergleiche meine Abhandlung vom 21. Februar 1848.

tisch zu seyn. Nach Entdeckung des Diamagnetismus lag der Gedanke nah, dass an diesen Gränzen der magnetische Zustand der Körper in den diamagnetischen übergehen möchte. Aber Hr. Faraday fand, dass das weisglühende Eisen, wenn auch nur schwach, doch immer noch merklich magnetisch sich verhielt. Er hat nirgends einen Uebergang in den diamagnetischen Zustand bemerken können. Eben so wenig hat er irgend einen Einfluss auf den Diamagnetismus der festen und flüssigen Körper beobachtet. Nur vermutet er in neuester Zeit, nachdem er gefunden, dass warme Luft stärker diamagnetisch ist als kalte, dass die Wärme den Diamagnetismus aller Körper verstärken möchte. Die Methode unserer Intensitätsbestimmungen giebt auch hier den sichersten Aufschluss.

60) Es wurde eine hohle halbkugelförmige Schale von Messingblech, 56<sup>mm</sup> im Durchmesser, mit weissem Sande gefüllt, und in diesen ein kleines Eisenblech horizontal so gelegt, dass der Sand noch eine Schicht von 6<sup>mm</sup> bis 8<sup>mm</sup> darüber bildete. An dieser Schale waren drei dünne überzilberte Kupferdrähte befestigt, die oben zusammenliefen, und hier, die Schale tragend, an dem einen Balken der Wage aufgehängt werden konnten. Die Schale mit dem Sande wurde auf einem Kohlenfeuer erwärmt, an die Wage gehängt, aequilibriert und über die, wie gewöhnlich, ange näherten abgerundeten Halbäcker gebracht; dann wurde der Magnetismus durch den Strom eines einzigen Grove'schen Troges erregt, und das Gewicht, das zum Abreissen der Schale nöthig war, bestimmt. Diese Gewichtsbestimmungen wurden während der allmälichen Erkaltung fortwährend wiederholt, und zwar, um keine Zeit zu verlieren, in der Weise, dass in die andere Schale der Wage bis zum Abreissen zuerst Schrot und dann feiner Sand allmälig gebracht und beides zusammen später gewogen wurde. Um die Abnahme der Temperatur, die beim ersten Abreissen 300° C. seyn möchte, in etwas zu bestimmen, sind in der nachstehenden Tafel die Momente, in welchen die Schale jedesmal abriss, zugleich mit dem zum Abreissen erforderli-

Beobachtung gegebene, es ist diejenige, die wir bei der Anwendung von zehn Trögen gefunden haben.

Es scheint hiernach, indem wir die Aufhebung des Diamagnetismus des Wassers durch den Magnetismus des Eisenvitriols als eine Compensirung betrachten, *dass eine grössere Menge von Magnetismus erforderlich ist, um eine kleinere Menge von Diamagnetismus zu neutralisiren.*

Dieses Resultat, wenn es überhaupt allgemein gültig ist, steht offenbar damit in Verbindung, dass der Magnetismus langsamer mit der Zunahme der Kraft wächst, als der Diamagnetismus, was darauf hinzuleiten scheint, dass der Erregung des letzteren grössere Hemmnisse, eine grössere Coer-citivkraft, entgegensteht<sup>1)</sup>.

Nähmen wir in der vorstehenden Entwicklung — offenbar aber mit weniger Grund — statt des Magnetismus des Eisenvitriols in seiner wässrigen Lösung den Magnetismus des festen Eisenvitriols, so würde sich für die diamagnetische Abstösung des Wassers im Uhrglase nur

0<sup>gr</sup>,08

ergeben, was zu wenig wäre; denn diese Abstösung haben wir bei Anwendung von bloß vier Trögen gefunden.

### §. 5.

Ueber den Einfluss der Wärme auf die Intensität des Magnetismus und Diamagnetismus.

59) Der Einfluss, den die Wärme auf den Magnetismus ausübt, ist Gegenstand vielfältiger Untersuchungen gewesen. Mit Genauigkeit hat man indes nur den Einfluss, den dieselbe auf permanente Stahlmagnete ausübt, untersucht. Dieser permanente Magnetismus wird durch die Weisglühhitze zerstört; zugleich fand man, dass bei dieser Temperatur auch das Eisen der Anziehung des Magneten nicht mehr folgte. Hieran reihen sich die Beobachtungen des Hrn. Pouillet, dass Kobalt auch bei der höchsten Temperatur magnetisch bleibt, dass, bei zunehmender Wärme, Chrom etwas unter der Rothglühhitze, Nickel bei 350° C. und Mangan bei 25° bis 20° C. unter Null aufhört magne-

1) Vergleiche meine Abhandlung vom 21. Februar 1848.

tisch zu seyn. Nach Entdeckung des Diamagnetismus lag der Gedanke nah, dass an diesen Gränzen der magnetische Zustand der Körper in den diamagnetischen übergehen möchte. Aber Hr. Faraday fand, dass das weissglühende Eisen, wenn auch nur schwach, doch immer noch merklich magnetisch sich verhielt. Er hat nirgends einen Uebergang in den diamagnetischen Zustand bemerken können. Eben so wenig hat er irgend einen Einfluss auf den Diamagnetismus der festen und flüssigen Körper beobachtet. Nur vermuthet er in neuester Zeit, nachdem er gefunden, dass warme Luft stärker diamagnetisch ist als kalte, dass die Wärme den Diamagnetismus aller Körper verstärken möchte. Die Methode unserer Intensitätsbestimmungen giebt auch hier den sichersten Aufschluss.

60) Es wurde eine hohle halbkugelförmige Schale von Messingblech, 56<sup>mm</sup> im Durchmesser, mit weissem Sande gefüllt, und in diesen ein kleines Eisenblech horizontal so gelegt, dass der Sand noch eine Schicht von 6<sup>mm</sup> bis 8<sup>mm</sup> darüber bildete. An dieser Schale waren drei dünne überzilberte Kupferdrähte befestigt, die oben zusammenliefen, und hier, die Schale tragend, an dem einen Balken der Wage aufgehängt werden konnten. Die Schale mit dem Sande wurde auf einem Kohlenfeuer erwärmt, an die Wage gehängt, aequilibriert und über die, wie gewöhnlich, angehöerten abgerundeten Halbunker gebracht; dann wurde der Magnetismus durch den Strom eines einzigen Grove'schen Troges erregt, und das Gewicht, das zum Abreissen der Schale nöthig war, bestimmt. Diese Gewichtsbestimmungen wurden während der allmälichen Erkaltung fortwährend wiederholt, und zwar, um keine Zeit zu verlieren, in der Weise, dass in die andere Schale der Wage bis zum Abreissen zuerst Schrot und dann feiner Sand allmälig gebracht und beides zusammen später gewogen wurde. Um die Abnahme der Temperatur, die beim ersten Abreissen 300° C. seyn mochte, in etwas zu bestimmen, sind in der nachstehenden Tafel die Momente, in welchen die Schale jedesmal abriß, zugleich mit dem zum Abreissen erforderli-

chen Gewichte, bemerkt. Hierzu füge ich noch die Bemerkung hinzu, daß nach dem vierten Abreissen die Schale noch zischte, als sie von außen mit dem nassen Finger berührt wurde. Während dieser Gewichtsbestimmungen wurde der Strom nicht unterbrochen. Die nachstehenden Gewichte sind die unmittelbar zum Abreissen erforderlichen, eine Correction zeigte sich überflüssig, weil die Schale mit dem bloßen Sande fast gar nicht vom Elektromagnete affizirt wurde.

Zeit.	Gewicht zum Abreissen.
9 <sup>h</sup> 50'	153 <sup>gr.</sup> ,70
- 52 30'	158 ,25
- 54	159 ,80
- 56	161 ,70
- 57 30'	162 ,40
- 59 15'	163 ,16
10 <sup>h</sup> 15'	166 ,75.

Wir sehen hieraus, wie der Magnetismus des Eisenblechs bei der Erkaltung bis zur Staubtemperatur *stetig zugenommen hat*. Der Unterschied beträgt 8 Proc. der bei dieser Temperatur bestimmten Intensität.

61) Hierauf wurde *Eisenoxyd* untersucht. Ich nahm hierzu statt der Messingschale eine etwas kleinere Porcellanschale, die in einem Messingring an die Wage aufgehängt wurde. Das Oxyd, ungefähr 25<sup>gr.</sup>, wurde auf wenigstens 400° C. erhitzt, die Temperatur desselben mochte aber bei der ersten Abwägung wieder auf 300° C. gesunken seyn. Neun Abwägungen wurden, unmittelbar auf einander folgend, vorgenommen, nach der neunten Abwägung ergab sich für die Temperatur des Oxyds noch 30° C. Der Strom wurde durch drei Grove'sche Tröge erregt. Von der beobachteten Anziehung ist die Anziehung der leeren Porcellanschale, die nur 0<sup>gr.</sup>,14 betrug, jedesmal abgezogen worden.

1. Abwägung	52 <sup>gr.</sup> ,01
2.	56 ,97
3.	59 ,54
4.	63 ,04

5. Abwægung	65 <sup>er</sup> , 96
6.	67, 61
7.	67, 91
8.	68, 67
9.	69, 61.

Der Magnetismus des Eisenoxyds ist also bei der höchsten oben beobachteten Temperatur *um etwas mehr als 25 Proc. geringer als bei der Temperatur von 30°*. Für dieselben Temperaturen nimmt er beim Eisenoxyd *schneller* ab als beim Eisen.

62) Endlich wurde noch dasjenige Nickeloxydul, dessen Magnetismus früher bestimmt worden war, in ganz gleicher Weise, wie vorstehend das Eisenoxyd, dem Versuche unterworfen. Die Erwärmung war ungefähr dieselbe, aber zur Erregung des Stromes wurden sechs Grove'sche Elemente angewandt. Es ergaben sich die folgenden corrigirten magnetischen Anziehungen:

1. Abwægung	0 <sup>er</sup> , 963
2.	0, 963
3.	1, 082
4.	1, 150
5.	1, 206
6.	1, 325
7.	1, 482.

Nach der vierten Abwægung konnte man die Porcellanschale noch nicht ungestraft in der Hand halten, nach der fünften aber schon recht gut. Nach der vorletzten Abwægung hatte die Schale schon nicht mehr die Temperatur des Blutes. Bis hierher wurde das Gewicht, das zum Abreissen erforderlich war, dadurch bestimmt, daß allmälig in die dafür bestimmte Wagschale immer kleinere Papierstückchen gebracht wurden, deren Gesamtgewicht später bestimmt wurde. Von nun an beobachtete man direct das stetige Zunehmen des Magnetismus noch während 6 bis 8 Minuten, indem man zu dem vorletzten Gewichte allmälig immer mehr zulegen konnte. So gelangte man bis zum letzten Gewichte.

Die obigen Resultate sind darum höchst merkwürdig,

weil in der ursprünglichen hohen Temperatur eine bedeutende Aenderung derselben keine Aenderung in der Intensität des Magnetismus des Nickeloxyduls hervorbrachte. Die beiden ersten Abwägungen stimmten vollkommen überein. Die folgenden zeigen wenigstens soviel, dass der Magnetismus bei niedriger Temperatur, zugleich mit dieser, rascher zunimmt, als bei hoher.

Das Verhalten des Nickeloxyds steht wahrscheinlich mit der oben erwähnten Beobachtung von Hrn. Pouillet in engem Zusammenhange, dass Nickel seinen Magnetismus bei  $350^{\circ}$  C. aufgibt, was nach den neueren Untersuchungen wohl nur soviel heissen wird, dass der Magnetismus auf ein Minimum sich reducirt.

Ob diese Gränze, wo der Magnetismus verschwindet, auch für das Nickeloxydul dieselbe sey?

63) Um den Einfluss zu bestimmen, den die Wärme auf den Diamagnetismus der Körper ausübt, nahm ich zuerst Wismuth. Ich schmolz in derselben Messingschale, die schon in der sechzigsten Nummer erwähnt worden ist,  $116^{\circ}$  dieses Metalls, indem ich dasselbe noch über den Schmelzpunkt hinaus erhitzte und dann über die Magnetpole brachte. Der Magnetismus wurde durch 8 Grove'sche Elemente (einmal gebrauchte Salpetersäure) erregt. Nachdem vorher schon für die Anziehung der leeren Schale

$15^{\circ},97$

gefunden worden war, wurde nun in der oben beschriebenen Weise die Anziehung der Schale mit dem geschmolzenen Wismuth bestimmt, und, während das Wismuth allmälig erkaltete und erstarrte, wurde, ohne die Kette zu öffnen, mit diesen Bestimmungen fortgefahrene, bis dasselbe ungefähr die Staubentemperatur wieder angenommen hatte.

Bei einem ersten Versuche ergaben sich für die, zu den auf einander folgenden Abziehungen nothwendigen Gewichte:

$0^{\circ},95$   $0^{\circ},76$   $0^{\circ},41$   $0^{\circ},37$   $0^{\circ},35$   $0^{\circ},235$   $0^{\circ},19$   $0^{\circ},35$   
 $0^{\circ},38$   $0^{\circ},35$   $0^{\circ},35$ .

Dieser erste Versuch bewies unzweifelhaft, gegen die Erwartung, die ich auf Hrn. Faraday's Meinung gegründet

hatte, dass die Intensität des Diamagnetismus in höheren Temperaturen abnimmt. Das relative Maass für dieselbe bei den Gränztemperaturen in dem Versuche war:

15°,02 und 15°,62.

Ein Blick auf die Resultate der Abwägungen lässt vermuten, dass bei der sechsten und siebenten Abwägung die Wage nicht ganz in Ordnung war. Dies vorausgesetzt, ändert sich der Diamagnetismus nicht mehr, wenn das Wismuth bei der Erkaltung bis zu einer gewissen Temperatur gekommen ist. Dann enthielte nur noch die dritt-vorletzte Abwägung einen kleineren Fehler, der sich durch die Art des Verfahrens, da wo Eile nothwendig ist, leicht erklärt.

64) Mit aller Sorgfalt wurde derselbe Versuch in gleicher Weise wiederholt, nur wandte ich 10 Grove'sche Tröge (mit einmal gebrauchter Salpetersäure) an, und gab dem geschmolzenen Wismuth eine höhere Temperatur. Die Anziehung der leeren Messingschale betrug:

25°,15.

Die dann stetig auf einander folgenden Abwägungen, bei denen durch Papier und feinen Sand tarirt wurde, gaben die nachstehenden Resultate:

	Anziehung der Schale mit Wismuth.	Diamagnetismus des Wismuths.
1)	15°,87	0°,28
2)	1 ,49	0 ,66
3)	1 ,11	1 ,04
4)	0 ,94	1 ,21
5)	0 ,79	1 ,36
6)	0 ,68	1 ,47
7)	0 ,64	1 ,51
8)	0 ,62	1 ,53
9)	0 ,57	1 ,58
10)	0 ,42 unsicher <sup>1)</sup>	
11)	0 ,49	1 ,66
12)	0 ,48	1 ,67.

Um die Temperatur des Wismuths einigermaßen beur-

1) Die Schale entfernte sich von den Halbalkern, ohne dass unmittelbar vorher Gewicht zugelegt worden. Bei abnehmender Anziehung wäre

theilen zu können, erwähne ich, dass bei der vierten Abwägung noch flüssiges Wismuth aus dem Innern durch die erstarrende obere Kruste hindurchdrang, dass die Temperatur nach der zehnten Abwägung auf 70° bis 80°, nach der elften auf etwa 55° und nach der letzten auf 40° bis 45° geschätzt wurde. Nach dieser letzten Abwägung überzeugte ich mich blos, dass die Anziehung constant blieb, sich wenigstens nicht um 5 Milligrm. änderte.

65) Hiernach steht also unwiderruflich fest, *dass der Diamagnetismus des Wismuths mit der steigenden Temperatur abnimmt.* Diese Abnahme ist bedeutend. Während des beschriebenen Versuchs stieg die, umgekehrt, mit abnehmender Temperatur zunehmende Intensität des Diamagnetismus bis auf's *Sechsfache*.

Wollten wir annehmen, dass das Wismuth während der Erkaltung sich oxydierte und dadurch an Gewicht zunähme, oder wollten wir annehmen, dass ein magnetischer Körper (Eisen) demselben noch beigemischt sey, dessen Magnetismus mit der Erkaltung sich verstärkte: so würden beide Ursachen das erlangte Resultat in der Art aufheben, dass der Zuwachs der Intensität des Diamagnetismus des Wismuths nur noch gröser würde.

Das gewonnene Resultat ist besonders darum merkwürdig, weil es die Hypothese, dass Magnetismus und Diamagnetismus, einmal hervorgerufen, eine identische Erregung der Materie seyen, dadurch unterstützt, *dass beide in gleicher Weise durch die Wärme modifizirt werden, wie sie bereits auch dadurch schon unterstützt worden ist, dass beide Polarität zeigen.*

66) An dem beschriebenen Versuch — der auch noch in einer Porcellanschale später wiederholt wurde, und ein gleiches Resultat lieferte —, knüpft sich eine Reihe wichtiger Fragen.

*Giebt es für den Diamagnetismus eine Gränze, so dass er bei einem bestimmten Temperaturgrade ganz verschwindet oder auf ein Minimum sich reducirt, wie dies beim*

*eine solche Beobachtung die genaueste, wenn nicht die Vermuthung hinzukäme, dass eine unbeachtete Erschütterung Ursache des Abziehens wäre.*

Magnetismus des Eisens und anderer magnetischen Metalle der Fall ist? Für das Wismuth würde diese Gränze dann zwischen  $300^{\circ}$  und  $400^{\circ}$  C. liegen.

67) Während des letzten Versuchs änderte das Wismuth seinen Aggregatzustand. Die Aufforderung lag nah, durch Versuche mit anderen diamagnetischen Substanzen, zu untersuchen, ob der Uebergang von einem Aggregatzustand zum andern Einfluß auf die Intensität des Diamagnetismus ausübe. Ein solcher ist allerdings durch die letzten Abwägungen nicht geradezu angezeigt.

Ich wählte zuerst Stearin. Dasselbe wurde, gleich nach dem Versuch aus Wismuth, in derselben Messingschale geschmolzen und namhaft über den Siedpunkt erhitzt. Es bewies sich, bei Anwendung derselben Stromstärke, immer *gleich stark diamagnetisch*, auch während der Erstarrung und bis zur Annahme der Stubentemperatur hin. Wenigstens zeigte sich in der Anziehung der mit Stearin gefüllten Schale kein Unterschied von 5 Milligrm.

68) Dann wurden 7,5 Grm. Schwefelblüthe genommen, in der halbkugelförmigen Porcellanschale geschmolzen und noch über den Schmelzpunkt erhitzt. Die Schale war oben 45<sup>mm</sup> weit; da sie aber nicht stark genug magnetisch war, um durch ihre Anziehung die Abstofung des Diamagnetismus der hineingebrachten Substanzen zu überwinden, wurde, ähnlich wie bei einem früheren Versuche schon oben am entsprechenden Ende des Wagebalkens ein Eisenstäbchen 60<sup>mm</sup> lang und 4<sup>mm</sup> im Durchmesser, axial gerichtet und durch Wachs befestigt, wonach bei Anwendung von zehn Trögen bei frischer Salpetersäure ein Gewicht von

15<sup>r</sup>,200

zum Abziehen der leeren Porcellanschale erforderlich war. Bei Anstellung des Versuchs wie bisher, wo bei jeder Abwägung von Neuem tarirt wurde, ergaben sich, um die Schale mit dem Schwefel, der, ursprünglich im geschmolzenen Zustande, nach der dritten Abwägung zu erstarren anfing, von den Halbalkern abzuziehen, die folgenden Gewichte:

1. Abziehung	0 <sup>gr.</sup> ,956	4. Abziehung	0 <sup>gr.</sup> ,956
2. - - -	0 ,968	5. - - -	0 ,956
3. - - -	0 ,968	6. - - -	0 ,956
	Diamagnetismus	= 0 <sup>gr.</sup> ,244.	

Es ist hieraus ersichtlich, daß die Temperatur, innerhalb der Gränzen des Versuchs, auf den Diamagnetismus des Schwefels durchaus *keinen* oder einen kaum merklichen Einflus ausübt.

69) In derselben Schale und bei derselben Ajustirung wurde endlich noch Quecksilber, 120<sup>gr.</sup> an Gewicht, der Prüfung unterworfen. Hier konnte man, ohne eine Störung in den Versuch zu bringen, nach jeder Abziehung die Temperatur des Quecksilbers durch Eintauchen eines Thermometers bestimmen. Die so bestimmte Temperatur ist indels nur eine angenäherte, und etwas geringer als die dem Momente des Abziehens entsprechende.

	Anziehung.	Temperatur.
1. Abwägung	0 <sup>gr.</sup> ,794	121° C.
2. - - -	0 ,788	82
3. - - -	0 ,806	62
4. - - -	0 ,794	51
5. - - -	0 ,806	44
6. - - -	0 ,806	38
7. - - -	0 ,806	33
	Diamagnetismus	= 0 <sup>gr.</sup> ,400.

Auch beim Quecksilber ist hiernach die Intensität des Diamagnetismus bei den verschiedenen Temperaturen *unverändert dieselbe*.

Es controliren sich einander hier die verschiedenen Abwägungen, und geben dadurch zugleich einen Maafsstab für die Genauigkeit unserer Bestimmungsreihe.

70) Ich füge noch einen letzten Versuch an, der, bevor ich im Besitze der passenden Porcellanschale war, mit 144<sup>gr.</sup> *unreinen* Quecksilbers in derselben Messingschale, in welcher auch das Wismuth geprüft worden war, angestellt wurde.

Anziehung der leeren Schale 2,15

	Anziehung der Schale mit Quecksilber.	Temperatur nach der Abziehung.	Diamagnetische Abstösung des Quecksilbers.	Magnetische Anziehung des Quecksilbers.
1)	1,84	110° C.	0gr,31	—
2)	1,82	75	0,33	—
3)	2,28	58	—	0,13
4)	2,28	45	—	0,13.

Es ist also das angewandte unreine Quecksilber bei höherer Temperatur diamagnetisch, bei niedriger magnetisch. Es scheint dies Folge der demselben beigemischten magnetischen Substanzen zu seyn, deren Magnetismus bei zunehmender Temperatur abnimmt.

Indem ich hier abbreche, behalte ich mir vor, einen Apparat zum Behufe genauerer Maafsstreckenbestimmungen zu construiren, wobei ein Thermometer, das in der abzuziehenden Porcellanschale befestigt ist, und mit dieser zugleich abgezogen wird, die Temperatur in dem jedesmaligen Momenten angiebt, in welchem die Intensität des Magnetismus oder Diamagnetismus der zu prüfenden Substanz bestimmt wird. Dann werde ich auch im Stande seyn, metallisches Nickel der Versuche zu unterwerfen.

Bonn, den 1. Juni 1848.

---

## II. Ueber elektrische Flammenwirkung; von R. van Rees.

---

Die zwischen Hrn. Rieß und mir hinsichtlich des Mechanismus der elektrischen Flammenwirkung erhobene Discussion ihrer Entscheidung näher zu bringen, erlaube ich mir, nochmals kürzlich auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

Die einzige erhebliche Einwendung, welche Hr. Rieß in seinem zweiten kritischen Aufsatze (Ann., Bd. 73, S. 307) meiner Theorie entgegenstellt, ist diese: dass ich die ganze Gassäule über dem leuchtenden Theile der Flamme für nichtleitend erkläre, die Wirkung der Flamme dem leuchtenden Theile allein zukomme, und dadurch mit bisher bewährten

elektrischen Grundsätzen in Widerspruch verfalle. — Dass es indess meine Absicht nicht gewesen, den nicht leuchtenden Gasen die Leitungsfähigkeit unbedingt abzusprechen, geht unzweideutig aus meinem Aufsatze im nämlichen Bande hervor. Nachdem ich S. 45 den Satz aufgestellt, dass die Gase in niederen Temperaturen isoliren, bei der Glühhitze leiten, füge ich Folgendes hinzu. »Es muss nun eine Temperaturgränze geben, über welcher die Gase aufhören vollkommen zu isoliren. Wo diese Gränze liege und ob sie bei allen Gasen die nämliche sey, ist nicht bekannt.« Wohl aber kann mir mit Recht vorgeworfen werden, dass ich in weiterem Verlaufe des Aufsatzes die Leitungsfähigkeit der aufsteigenden Gassäule nicht gehörig berücksichtigt. Ich weiss es Hrn. Rießs Dank, dass er mich auf dieses Versehen aufmerksam gemacht. Eine nähere Prüfung und Wiederholung früherer Versuche hat mir überzeugend dargethan, dass die Gassäule, je nach der Beschaffenheit der Flamme, bis in eine gewisse, zuweilen beträchtliche Höhe leitet, obgleich ihre Leitungsfähigkeit durch die Abkühlung bald sehr geschwächt wird. Es muss daher dasjenige, was ich von der Flamme behauptet, auch auf die leitende Gassäule, welche in elektrischer Hinsicht als ein integrirender Theil der Flamme betrachtet werden kann, bezogen werden. Uebri gens bleibt meine Erklärung von der Flammenwirkung, so wie ihre Anwendung auf die einzelnen Fälle (a. a. O. S. 54 bis 60) ungeändert. Nur möchte ich im zweiten Versuche S. 58, wo die Flamme von einer Metallröhre umgeben ist, die Wirkung ausschliesslich der aus der Röhre hervorragenden Gassäule zuschreiben.

Schliesslich sey es mir erlaubt, auch meinerseits die beiden Erklärungsweisen neben einander zu stellen. Die meine beruht bloß auf der unbezweifelten Beweglichkeit der Flammentheilchen und der der leitenden Gassäule; die des Hrn. Rießs auf der hypothetischen Annahme, dass diese Säule mit einer Menge nach allen Seiten in die Luft hinausragender Spitzen versehen sey, und zwar mit solchen, die an Vollkommenheit alle in der Natur vorkommenden Spitzen übertreffen. Ich überlasse Andern zu beurtheilen,

in wiefern Hr. Rieß meine Einwendungen gegen diese Hypothese beseitigt habe; nur darf ich hoffen, dass dabei der von mir, S. 42, angegebene und leicht anzustellende Versuch wiederholt werden möge. Das auf dem Schirme entworfene Bild (nicht der *Schatten*) der Gassäule ist so scharf begränzt, und zeigt weit über der Stelle, wo die Luft anfängt in die Säule einzudringen, so abgerundete, nie spitzige Umrisse, dass mir kein Zweifel in Betreff der Nichtexistenz der Dampf spitzen übrigbleibt.

Utrecht, 7. März 1848.

### III. *Ueber die Wirkung des freien Sauerstoffs in der galvanischen Kette; von W. Beetz.*

(Der physikalischen Gesellschaft zu Berlin mitgetheilt am 17. März 1848.)

Die Gegenwart der atmosphärischen Luft trägt, nach den Versuchen von Biot und F. Cuvier<sup>1</sup>), wesentlich dazu bei, die Stromstärke einer galvanischen Säule zu erhalten. Die genannten Physiker beobachteten, dass eine Säule, welche unter einer mit Luft zum Theil gefüllten und unten durch Wasser abgesperrten Glocke aufgebaut war, einen Theil der Luft absorbire, und schlossen aus der ungefähr abgeschätzten Menge des verschwundenen Gases, dass die Luft ihren Sauerstoffgehalt eingebüßt habe. Wurde eine neue Quantität Luft unter die Glocke gegeben, so begann die Wirkung der Säule, welche während der Absorption auf ein Minimum gesunken war, von Neuem, sie nahm aber wiederum ab, wenn sich die Säule einige Zeit hindurch überlassen blieb. Dass indes die Gegenwart der Luft nicht unbedingtes Erforderniss für das Vorhandenseyn des Stromes sey, zeigten Biot und Cuvier dadurch, dass eine unter der Glocke der Luftpumpe stehende Säule auch dann noch kräftige Wirkung, besonders lebhafte Gasentwicklung gab, wenn man die Luft unter der Glocke stark verdünnt

1) Biot, *Traité de phys. expér. et mathém.*, II, p. 526, \* — Gilbert Annalen, Bd. 10, S. 161 \*, aus *Annales de chim.*, XXXIX, p. 242.

hatte. Die Gründe, welche in der gedachten Abhandlung für diese Erscheinungen beigebracht werden, können dem heutigen Stande unserer Kenntnisse über den Vorgang in der Volta'schen Kette natürlich wenig angemessen seyn. Sie werden in einer gröfsen Leistungsfähigkeit gesucht, welche die Säule durch die Gegenwart des Sauerstoffs dadurch annehmen soll, dass die Platten bei ihrer Oxydation gleichsam näher aneinander und an die feuchten Tuchscheiben geprefst werden.

Eine vor Kurzem erschienene Abhandlung des Herrn Adie<sup>1)</sup> hat denselben Gegenstand wieder aufgefasst. Er hat die Absorption, welche ein Theil der atmosphärischen Luft durch die Kette erfährt, bestätigt, und eben so das Aufhören der galvanischen Thätigkeit beobachtet, wenn die in der Leitungsfüssigkeit enthaltene Luft verzehrt war, während er den Strom wieder eintreten sah, wenn er der Luft neuen Zutritt gestattete. Die Versuche sind nicht allein mit destillirtem Wasser angestellt, sondern auch mit Salzlösungen. Den Ort der reichlichsten Absorption fand Hr. Adie an der negativen Platte, indem er über die beiden Platten einer Zinkplatinkeette kleine mit Sauerstoff gefüllte Glocken stürzte. Zur Erläuterung der ganzen Erscheinung ist noch ein Versuch angeführt, bei welchem zwei möglichst gleichartige Zinkplatten abwechselnd von Sauerstoff umgeben und zu einer Kette verbunden wurden. Die im Sauerstoff stehende Platte zeigte sich immer negativ. Um die mitgetheilten Erscheinungen erklären zu können, glaubt Hr. Adie annehmen zu müssen, der Elektrolyt sey eigentlich nicht Wasser, sondern ein höheres Oxyd des Wasserstoffs, auch nicht das bekannte, sondern ein noch höheres, da es schon durch bloße Berührung mit Eisen oder Zink zersetzt werde, wie sich dies in der Wirkung der zuletzt beschriebenen Zinkzink- und der analogen Eisen-eisenkette zeige. Hr. De la Rive<sup>2)</sup> hat diesen Apparat in die Klasse der Gasbatterien verwiesen, wohin er augen-

1) *Edinb. new philos. Journal, XXXVIII, p. 97; XXXIX, p. 327.*

2) *Arch. des sciences phys. et nat., I, p. 167.*

scheinlich gehört, und die Erklärung, welche er für deren Wirksamkeit gegeben hat <sup>1)</sup>), auch auf ihn übertragen. Nach ihm besteht die Thätigkeit des Sauerstoffs darin, dass er die Zinkplatte, welche er umgibt, oxydirt, und sie dadurch weniger fähig macht Wasser zu zersetzen. Die andere Platte wird deshalb positiver, und der Wasserstoff, der durch den Strom zur negativen Platte geführt wird, verbindet sich mit dem dort befindlichen Sauerstoff, und verstärkt dadurch den Strom.

Was die Versuche selbst anbetrifft, so darf man von denjenigen derselben, welche mit hermetisch verschlossenen Gefäßen angestellt sind, nicht sogleich schließen, dass die Abwesenheit der Luft der Grund zum Aufhören des Stromes ist. Es spielt hierbei vielmehr die von Simon <sup>2)</sup> beobachtete Erscheinung mit, dass in solchen Gefäßen der starke Druck die Gasentwicklung, und somit die ganze Thätigkeit der Kette verhindert. Ein Gegenversuch hierzu ist der von Biot und Cuvier erwähnte, dass unter der Glocke der Luftpumpe die Säule nicht unwirksam wurde, wiewohl sie möglichst wenig von Luft umgeben war. Man muss also vor allen Dingen dafür sorgen, dass der Druck in den zu vergleichenden Ketten, deren eine lufthaltige, die andere luftfreies Wasser zum Elektrolyten hat, derselbe bleibe. Auch das Versiegeln der Gefäße, welches Fr. A die anwandte, ist schon ein zu fester Verschluss, wiewohl nach Voigt's <sup>3)</sup> Versuchen dasselbe die Gasentwicklung nicht völlig aufhebt; sondern bei starkem Druck kleine Wassertröpfchen hindurchlässt. Bei den Versuchen, welche ich über die Wirkung des freien Sauerstoffs in der Kette angestellt habe, umging ich in der Regel den luftdichten Verschluss dadurch, dass ich aus der Leitungsflüssigkeit ein capillares Rohr durch den übrigens dicht schliessenden Kork führte, das mit derselben Flüssigkeit gefüllt und außen durch

1) *Arch. de l'Electr.*, III, p. 525.

2) *Gilbert's Annalen*, Bd. 10, S. 297 \*.

3) *Ibid.* Bd. 10, S. 298 \*; aus Voigt's Magazin, Bd. 2, S. 555.

eine Flüssigkeit abgesperrt war. Die Ergebnisse der Versuche selbst zeigen, dass ein solcher Verschluss den Eintritt der äusseren Luft lange genug verhindert, um dadurch keine Irrthümer in der Beobachtung hervorzubringen.

Das Aufhören des Stromes, das ich übrigens selbst in dicht versiegelten Gefäßen auch nach Wochen niemals vollständig gefunden habe, kann in zwei Dingen begründet seyn: in einer Verminderung der elektromotorischen Kraft, oder in einer Zunahme des Widerstandes der Kette. Um dies zuerst zu unterscheiden, stellte ich zwei Platinzinkketten, deren eine mit luftfreiem, die andere mit lufthaltigem Wasser gefüllt war, so zusammen, dass die beiden Platinplatten und die beiden Zinkplatten mit einander verbunden waren. An einem in diese Verbindung eingeschalteten Galvanometer wurde bei einem Versuch gar kein Ausschlag bemerkt, bei zweien anderen zeigte sich ein sehr geringer Strom im Sinne des im luftfreien Wassers stehenden Paars, der an meinem Galvanometer einen Ausschlag von  $1^{\circ}$  bis  $3^{\circ}$  erzeugte. Die beiden Elemente wurden hierauf zu einer zweipaarigen Säule mit einander verbunden, so dass beide eine Zeit hindurch von einem Strom von derselben Intensität durchlaufen wurden. Beide Verbindungen wurden durch eine kleine Wippe hergestellt, deren Einrichtung man sich leicht ohne weitere Beschreibung vorstellen wird. Wurde jetzt schnell die vorige Verbindung mit dem Galvanometer wieder hergestellt, so überwog die Kette im lufthaltigen Wasser so stark, dass die Nadel bis zu 10, 12 und 15 Grad ausschlug. Die Veränderung, welche die Ketten hierbei erfahren haben, musste an der elektromotorischen Kraft vorgegangen seyn, da eine Veränderung des Widerstandes beiden Ketten in gleichem Grade zukommt, also keine Ablenkung im Galvanometer hervorrufen kann. Offenbar war der elektromotorische Zustand des im luftfreien Wasser stehenden Paars verändert, entweder dadurch, dass das Platin in demselben positiver als das andere Platin, oder das Zink negativer geworden war als das Zink im lufthaltigen Wasser. Aus der reichlichen Absorption, welche der

Sauer-

Sauerstoff in der Umgebung des Platins erfährt, lässt sich schon vermuten, dass das Erstere der Fall ist; um indes hierüber grössere Bestimmtheit zu erhalten, stellte ich folgenden Versuch an:

In den nach unten convexen Kork eines weithalsigen Glases waren zwei Glasröhren eingesetzt, deren Länge etwa 3 Zoll, der Durchmesser  $\frac{1}{2}$  Zoll betrug. Ungefähr die Hälfte der Röhren ragte frei über den Kork heraus; ihre oberen Enden waren durch Korke geschlossen, durch deren einen ein amalgamirter Zinkstreifen, durch den anderen ein Platinstreifen gesteckt war, welche beide fast bis zum unteren Ende der Röhren reichten; beide obere Röhrenenden waren luftdicht verkittet. Aufser den weiten Röhren waren noch zwei capillare Röhren durch den Kork gesteckt, welche unter der Mündung der weiten Röhren aufwärts gebogen, und in dieselben bis zu einer Höhe von ungefähr 2 Zollen aufwärts geführt waren. Oberhalb des Korkes waren diese Röhren zur Seite und wieder abwärts gebogen. Um den ganzen Apparat mit luftfreiem Wasser zu füllen, wurde zuerst das Glas völlig angefüllt und der Kork lose aufgesetzt. Durch Umkehren der Vorrichtung wurden die Röhren gänzlich gefüllt. Der Kork wurde noch einmal gelüftet und das Glas bis zum Ueberfließen mit kochendem Wasser gefüllt, worauf der Kork, der zuvor mit leichtflüssigem Siegellack innen und außen gänzlich überzogen war, fest aufgedrückt und die Rinne in der Umgebung desselben dicht verkittet wurde. Beim Aufdrücken entweicht das überschüssige Wasser durch die Capillarröhren, welche sogleich unter die Oberfläche von ebenfalls ausgekochtem Wasser getaucht wurden. Nachdem der Apparat in dieser Stellung erkaltet war, wurden die beiden freien Metallenden mit dem Galvanometer verbunden. Von den wiederholten Versuchsreihen, welche ich mit Apparaten dieser Art, theils mit Wasser, theils mit schwachen Lösungen gefüllt, anstellte, seyen hier von einer die Zahlenwerthe gegeben, bei welcher der Elektrolyt destillirtes Wasser war.

Ursprüngliche Ablenkung . . . . .	27°
Nach drei Tagen . . . . .	4
Durch die eine Capillarröhre wurden einige Luftblasen in die das Zink enthaltende Röhre geführt; die Nadel ging auf . . . . .	12
war aber nach 16 Minuten wieder auf . . . . .	4
Einige Luftblasen wurden zum Platin gegeben. Die Nadel ging auf . . . . .	47
Nach vier Stunden stand sie auf . . . . .	43
und nach drei Tagen auf . . . . .	42.
Der ganze Apparat wurde umgekehrt, um die Röhren wieder mit Wasser zu füllen, das nun freilich nicht mehr ganz luftfrei war.	
Nach einer halben Stunde war die Nadel zur Ruhe gekommen bei . . . . .	8°
Luft wurde zum Zink gelassen . . . . .	18
Nach 35 Minuten . . . . .	8
Durch Umkehren wurde die Röhre wieder gefüllt.	
Luft wurde zum Platin gelassen . . . . .	52
Nach sechs Tagen . . . . .	50
Nach vierzehn Tagen . . . . .	44.
Die anderen Versuchsreihen waren der vorliegenden ganz entsprechend, und zeigen unzweifelhaft, dass der Sauerstoff, wenn er das Platin umgibt, eine Schwächung der elektromotorischen Kraft verhindert, oder wenigstens vermindert, welche ohne seine Anwesenheit eintreten würde. Diese Schwächung kann in nichts Anderem bestehen, als in einer Ladung durch den freiwerdenden Wasserstoff. Indem sich der Sauerstoff mit ihm im Entstehungsmomente verbindet, vermindert sich sein Volumen, wenn nämlich die Wirkung der Kette schwach genug ist, um nicht reichlicheren Wasserstoff zu entwickeln, als durch diesen Proces verbraucht werden kann. Die negative Platte wird dabei möglichst depolarisiert, und also der Strom wieder verstärkt.	

Diese Erklärungsweise der in Rede stehenden Erscheinungen ist auch überzeugend.

nung schliesst sich unmittelbar an diejenige an, welche Hr. Schoenbein<sup>1)</sup> von der Thätigkeit des Sauerstoffs in der Grove'schen Gasbatterie gegeben hat. Dafs das Eintreten des Gases in die Röhre, welche das Zink enthält, doch auch eine kleine Stromverstärkung herbeiführt, liegt gewifs grösstentheils an der Erschütterung, welche die Leitungsflüssigkeit dadurch erfährt. Dafs der Sauerstoff selbst dabei keine wesentliche Rolle spielt, ist wohl aus der äusserst kurzen Dauer der gröfseren Stromstärke klar.

Ein Gegenversuch bestätigt die gegebene Erklärung von der Thätigkeit des freien Sauerstoffs in der Kette. Es wurde eine kleine constante Kette, nach Art der Daniell'schen, gebildet, aus einem mit ausgekochtem Wasser gefüllten Gefäſſe, und einer Glasröhre, welche durch den Kork dieses Gefäſſes luftdicht gesteckt, unten mit Blase verbunden, und mit ausgekochter Kupfervitriollösung gefüllt war. Durch den Kork des gröfseren Gefäſſes waren außerdem im amalgamirten Zinkstreifen durch einen kleinen Kork, der die Röhre oben verschloſſ, ein Kupferdraht und zwei dünne Glasröhren geführt. Die Kette gab bei einem Versuch eine Ablenkung von  $62^{\circ}$ , beim zweiten einen von  $26^{\circ}$ , welche beide durch Einblasen von Luft nicht im geringsten vergröfſert wurden. Wo also die Ladung des negativen Metalls anderweitig schon aufgehoben ist, bleibt der Sauerstoffzutritt unwirksam.

Die angeführte Erklärung, welche Hr. De la Rive gegeben hat, scheint mir auf unsere Erscheinung gar nicht anwendbar, ja selbst nicht auf den Fall, für welchen sie gemacht ist. Eine Zinkplatte, welche von freiem Sauerstoff umgeben ist, soll durch diesen oxydirt und dadurch unfähiger werden, das Wasser zu zersetzen. Dies der elektrochemischen Hypothese zu Gefallen zugegeben, so widerspricht dem das Folgende: Der durch den Strom entbundene Wasserstoff soll zum Sauerstoff gehen, sich mit ihm verbinden, und dadurch den Strom verstärken. Wenn aber der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff verbindet,

1) Poggend. Ann., Bd. 58, S. 367 (und neuerdings, Bd. 74, S. 241 \*.)

so entzieht er denselben dem Zink, dieſs müſte also jetzt weniger direct und mehr auf Kosten des Wassers oxydiert werden, so daß die Verbindung beider Gase, statt den Strom zu verstärken, ihn gerade schwächen müſte.

Noch eine Bemerkung ſey mir erlaubt über eine Angabe des Hrn. Adie. Für die Nothwendigkeit des Sauerſtoffs zur Stromerregung führt er an, daß der Strom bedeutend schwächer ſey, wenn das Wasser stark erwärmt werde. Ein Strom, der die Galvanometernadel auf  $50^{\circ}$  trieb, so lange die Leitungsflüssigkeit die gewöhnliche Temperatur hatte, bewegte ſie bei kochendem Wasser nur bis  $5^{\circ}$ . Dieſs ſcheint meiner Ansicht zu widersprechen, da ja gerade in kochendem Wasser eine möglichst geringe Ladung stattfindet. Ich muß indeſſ diese ganze Angabe für irrig halten, da nach den neueren Untersuchungen von Ohm <sup>1)</sup> und Hankel <sup>2)</sup> gewiß kein Zweifel mehr bleibt, daß die Erwärmung der Leitungsflüssigkeit deren Widerstand ebenfalls vermindert, so daß also der Zähler des, die Stromintensität vorſtellenden, Bruches durch ein solches Erwärmen vergrößert, sein Nenner verkleinert wird. Ein paar ganz einfache Versuche zeigten mir übrigens auch ein Resultat, wie ich es erwartete; ein kleines Kupferplatinpaar, bestehend aus Drähten beider Metalle, war in kaltes lufthaltiges destillirtes Wasser getaucht, und erregte am Galvanometer eine Ablenkung von  $45^{\circ}$ . Beim Erwärmen des Wassers stieg die Ablenkung, und blieb bei dauerndem Kochen in kleinen Schwankungen zwischen  $60^{\circ}$  und  $65^{\circ}$ . Nach dem Erkalten bei Luftzutritt sank der Strom wieder auf  $42^{\circ}$ . Damit die veränderliche Flüssigkeitshöhe während des Versuches keine Beobachtungsfehler herbeiführen konnte, waren beide Drähte in Glasmänteln eingeschmolzt, und ihre kurzen, unten hervorragenden Enden ganz unter Wasser getaucht. — Die von Biot und Cuvier gemachte Beobachtung, daß im luftverdünnten Raume die Stromstärke sich

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 63, S. 403 \*.

2) Ibid. Bd. 69, S. 255 \*.

nicht so vermindert, schliesst sich übrigens meiner Erklärungsweise sehr gut an, und kommt mit Hrn. De la Rive's<sup>10)</sup> Bemerkung überein, dass eine Verminderung des Drucks die Ladung ebenfalls verringert. —

Nach den vorstehenden Untersuchungen scheint mir die Rolle, welche der freie Sauerstoff in der Kette spielt, völlig klar zu seyn. Sie zeigen besonders, dass die Wirkung dieses Gases nicht etwa eine primär elektromotorische ist, sondern in sofern eine secundäre, als sie die sonst stattfindende Stromschwächung vermindert. Hierdurch wird zugleich die im Sinne der elektromotorischen Hypothese ausgesprochene Ansicht zurückgewiesen, als könne der Strom einer mit destillirtem Wasser gefüllten Kette nur durch die Oxydation des positiven Metalles auf Kosten des freien Sauerstoffs entstehen. Ein solcher Proces würde aber auch, vom streng elektrochemischen Standpunkte aus gesehen, keine Elektricität erregen, wie denn Faraday ausdrücklich sagt: es ist von der äussersten Wichtigkeit zu bemerken, dass der Sauerstoff in einem eigenthümlichen Zustande seyn muss, nämlich im Zustande der Verbindung, und zwar in einer solchen Verbindung, welche ein Elektrolyt ist<sup>11)</sup>.

---

#### IV. Ueber die Longitudinalstreifen im Sonnenspectrum; von H. Knoblauch.

---

Die im prismatischen Sonnenbilde auftretenden, gegen die Fraunhofer'schen Linien senkrecht gerichteten Streifen, welche in besonderer Deutlichkeit wahrgenommen werden, wenn man hinter dem Prisma eine Linse anbringt, sind der Gegenstand specieller, zum Theil sehr sorgfältiger Untersu-

1) *Compt. rend.*, *XVI*, p. 772 \*. — *Poggend. Ann.*, Bd. 59, S. 420 \*.

2) *Exp. Res.*, p. 921 \*.

chungen zuerst von Zantedeschi <sup>1)</sup>, dann von Ragona-Scinà <sup>2)</sup> und Wartmann <sup>3)</sup> gewesen.

Es hat sich aus allen diesen Beobachtungen ergeben, dass sie an Zahl und Schärfe abhängig sind:

1) von der Weite des Spalts, durch den die Strahlen in das Zimmer gelangen <sup>4)</sup>;

2) von der Entfernung und Stellung des Prismas in Bezug auf den Spalt und die Linse <sup>5)</sup>;

3) von dem Stande der Sonne und der Beschaffenheit der Atmosphäre während der Beobachtung <sup>6)</sup>.

Die Natur des Spaltes <sup>7)</sup> und des Prismas <sup>8)</sup> soll nach den bisherigen Versuchen keinen Einfluss auf die gedachten Linien ausüben.

In der Erklärung derselben weichen die verschiedenen Beobachter von einander ab. Zantedeschi leitet sie von

- 1) In seinem schätzbaren Werke: *Ricerche fisico-chimico-fisiologiche sulla luce*. Venezia 1846. Cap. III dei risultamenti ottenuti da una nuova analisi dello spettro luminoso, p. 47, namentlich von p. 70 an.
- 2) *Esperienze su nuove linee nere e luminose dello spettro solare. Raccolta fis. chim. ital.* 1846. I, p. 373 (Auszug aus dem Vorigen).
- 3) *Sulle righe trasversali e longitudinali dello spettro luminoso e su taluni fenomeni affini. Memoria I. Raccolta fis. chim. ital.* 1847. II, p. 483. *Memoria II. Raccolta* 1848. III, p. 17.
- 3) *Sur de nouvelles lignes annoncées dans le spectre solaire. Archives des sc. phys. et nat.* 1848. VII, 33.
- 4) Zantedeschi, *Ricerche*, p. 72, 73. *Raccolta*, I, p. 374, 375; II, p. 508. — Ragona-Scinà, *Raccolta II*, p. 489. — Wartmann, *Archives*, VII, p. 34.
- 5) Zantedeschi, *Ricerche*, p. 71 bis 73. *Raccolta I*, p. 374, 375; II, 508. — Ragona-Scinà, *Raccolta III*, p. 36 ff. — Wartmann, *Archives* VII, p. 34.
- 6) Zantedeschi, *Ricerche*, p. 71, 73, 74, 79. — *Raccolta I*, p. 375. — Ragona-Scinà, *Raccolta II*, p. 495 ff., 498. — Wartmann, *Archives VII*, p. 34 bis 36.
- 7) Ragona-Scinà, *Raccolta II*, p. 489 ff. — Wartmann, *Archives VII*, p. 34.
- 8) Ragona-Scinà, *Raccolta II*, p. 498. — Wartmann, *Archives VII*, p. 34.

einer wechselnden Reflexion, Brechung und Dispersion<sup>1)</sup> oder von einer Beugung der Lichtstrahlen<sup>2)</sup>, später von einem Einflusse der verschiedenen Farben auf einander<sup>3)</sup> her, verbunden mit atmosphärischen Einwirkungen<sup>4)</sup>). Wartmann hält sie dagegen für ein durch Reflexion herbeigeführtes Interferenzphänomen<sup>5)</sup>.

Hr. Prof. G. Karsten und ich haben zum Theil gemeinschaftlich die in Rede stehenden Untersuchungen wiederholt. Wir ließen die von dem Spiegel eines Heliostaten reflectirten Sonnenstrahlen durch einen Spalt in ein verfinstertes Zimmer eintreten, zerlegten sie durch ein Prisma, hinter dem eine Dollond'sche Objectivlinse von 4,5 Fuß Brennweite aufgestellt war, und beobachteten das so entstehende Farbenbild, wie es sich auf einer weissen verschiebbaren Tafel darstellte.

Es haben sich dabei die obigen Angaben bestätigt gefunden, mit Ausnahme dessen, was über die *Natur des Spaltes* gesagt worden ist. In dieser Beziehung haben wir mit Bestimmtheit wahrgenommen, dass die Beschaffenheit der Wände des Spaltes in der That den entschiedensten Einfluss auf die gedachten Streifen ausübt. — Um hierbei nicht durch Nebenerscheinungen getäuscht zu werden, ließen wir, mit Hinweglassung des Spiegels, auch das directe Sonnenlicht bei völlig ungetrübtem Himmel durch die Schneiden hindurchgehen, welche aus Metall, Holz, Papier, Rufs oder einem dieser Körper von verschiedenem Grade der Rauhheit bestanden. Wir haben dabei jedesmal, außer den constanten Fraunhofer'schen Linien, die sie durchkreuzenden *Longitudinalstreifen* erkennen und die Veränderungen verfolgen können, welche sie, der grösseren

1) *Ricerche*, p. 76.

2) *Raccolta I*, p. 376.

3) *Raccolta II*, p. 507.

4) Am angef. Orte Note 6 der vorigen Seite. Ferner: *Ricerche*, p. 78.  
— *Raccolta I*, p. 376; *II*, p. 508.

5) *Archives*, VII, p. 35.

*oder geringeren Vollkommenheit der Wände des Spaltes gemäss, erleiden.*

Diese Beobachtung veranlaßte mich zu untersuchen, ob auch die *Beschaffenheit des Spiegels*, der bei den vorge- dachten Versuchen angewandt wurde, einen merklichen Anteil an der fraglichen Erscheinung habe <sup>1)</sup>). Ich stellte da- her die Experimente, nach Entfernung der Schneiden, mit verschiedenen reflectirenden Körpern an, nämlich ungleichen Metallen und Gläsern oder verschiedenen Stellen eines und desselben Spiegels, denen ich entweder unmittelbar oder durch Aufstreuen eines feinen Pulvers eine ungleiche Fähigkeit zu reflectiren gegeben hatte. In allen die- sen Fällen erhielt ich, *nach dem Zustande der reflectirenden Fläche, verschiedene Streifen im prismatischen Sonnenbilde*, welche bei dieser Anordnung des Apparats natürlich nicht von den Fraunhofer'schen Linien begleitet waren.

*Ohne Spalt und ohne Spiegel waren bei vollkommen heiterem Himmel nicht die geringsten Streifen im Sonnenspectrum wahrzunehmen.*

Es mußte nach diesen Ergebnissen im höchsten Grade wahrscheinlich seyn, daß die der Prüfung unterworfenen Linien unter den angeführten Verhältnissen nur von Fehlern der Apparate herrührten. Dies noch näher zu ermit- teln, stellte ich, ohne das Prisma anzuwenden, die Linse senkrecht gegen die einfallenden Strahlen auf, so daß sich auf einer Wand hinter derselben das Bild des Spalts und des durch ihn sichtbaren Theiles des Spiegels in vergrößertem Maafse darstellte. Die Sicherheit, mit der sich in diesem Bilde unter geeigneten Umständen diejenigen Punkte auffinden ließen, welche den dunkeln Longitudinalstreifen im Spectrum entsprachen, und welche sich beim Spalt als Verengungen, beim Spiegel als unvollkommenere Stellen er- wiesen, hat die obige Vermuthung in mir zur Gewissheit erhoben.

Der ganze Zusammenhang der Erscheinung ist also der,

1) Gegen die Vermuthung von Ragona-Scinà (*Raccolta II*, p. 489, 498) und Wartmann (*Archives VII*, p. 34).

dass die Sonnenstrahlen, welche durch den verticalen Spalt in das Zimmer eingetreten sind, an gewissen Punkten eine geringere Intensität haben, theils in Folge der Reflexion von matteren Stellen des Spiegels, theils in Folge ihres Durchgangs durch engere Stellen des Spalts, welche auch bei den besten Schneiden nicht ganz zu vermeiden sind. — Diese Schwächung, welche sich bei der Ankunft der Strahlen auf der Vorderfläche des vertical aufgestellten Prismas nur auf einzelne Punkte bezieht, erstreckt sich nach der prismatischen Zerlegung natürlich auf ganze Linien, welche das Farbenbild der Länge nach in horizontaler Richtung durchziehen.

Es leuchtet ein, dass die gesammte Erscheinung dieser Linien, welche von dem Grade der Lichtverminderung abhängt, wesentlich durch die Weite des Spalts bedingt wird.

Der Ort, an dem sich die Streifen hinter der Linse darstellen, wird durch die Entfernung des Spiegels und des Spalts vom Prisma, so wie durch die Stellung des letzteren zur Linse bestimmt, da alle diese Umstände auf die Divergenz der zur Linse gelangenden Strahlen und somit auf die Lage ihrer Vereinigungspunkte hinter derselben einwirken. — Der Stand der Sonne hat auf die gedachte Erscheinung nur in sofern Einfluss, als er die Stelle des Spiegels bedingt, von welcher die, durch den Spalt hindurch in's Zimmer gesandten Strahlen reflectirt werden, und die Richtung, in der sie auf den Spiegel einfallen. — Die ungleiche Beschaffenheit der Atmosphäre, namentlich die Gegenwart von Wolken, führt, indem sie die Intensität der Strahlen stellenweise vermindert, ähnliche Verhältnisse wie die bereits betrachteten herbei.

Die Substanz des Prismas kann nicht die Streifen selbst, sondern, ihrem Brechungs- und Dispersionsvermögen gemäfs, nur den Ort, an dem sie sich bilden, verändern.

Dass dieser Ort in Bezug auf den, an welchem die Fraunhofer'schen Linien am deutlichsten hervortreten, beliebig verlegt werden kann, bedarf nach dem Mitgetheilten kaum der Erwähnung. Man hat in dieser Hinsicht bei dem

Vergleiche beider Gruppen von Linien nur zu bedenken, dass die Fraunhofer'schen durch Strahlen gebildet werden, welche parallel mit einander das Prisma erreichen, während die Longitudinalstreifen von solchen herrühren, welche, je nachdem sie dem Spalt, Spiegel oder Wolken angehören, in ungleicher Weise divergirend zum Prisma gelangen.

Diese Andeutungen werden hinreichen, um zu zeigen, wie sich von unserem Gesichtspunkte aus alle bis jetzt bekannten Thatsachen in Bezug auf die Longitudinalstreifen erklären lassen. — Uebrigens zweifle ich nicht, dass eine Wiederholung der beschriebenen Versuche auch andern Beobachtern die Ueberzeugung verschaffen wird, *dass das Auftreten jener Streifen, den bisher ausgesprochenen Vermuthungen entgegen, im Wesentlichen eine nur durch die Mängel der Apparate herbeigeführte Erscheinung ist.*

---

**V. Fortgesetzte magnetische Versuche;  
von Paul Wolfgang Haecker in Nürnberg.**

---

Ein Magnetstab, der im Verhältniss zu seiner Länge eine merkliche Breite besitzt, kann auf zweierlei Art magnetisirt werden; entweder halbiert die Indifferenzlinie die Länge, wie es bei allen gewöhnlichen Magneten der Fall ist, oder wenn man ihn transversal magnetisirt, so halbiert die Indifferenzlinie die Breite. Im ersten Fall schwingt der Magnet in horizontaler Lage, im zweiten muss aber der Magnet, wenn er im magnetischen Meridian schwingen soll, in verticaler Richtung stehen. Ich werde mich daher der Ausdrücke horizontaler und verticaler Schwingungsdauer bedienen, und unter letzterer Benennung immer die Schwingungsdauer derjenigen Magnete verstehen, welche transversal magnetisirt sind. Damit das Verhältniss der verticalen zur horizontalen Schwingungsdauer aufgefunden werden konnte, wurden folgende sechs Platten und ein Magnet-

stab, zuerst auf die gewöhnliche Art, hernach transversal, magnetisirt, und jedesmal ihre horizontale, dann verticale Schwingungsdauer untersucht. Um den Einfluss, welchen die Breite auf das Drehungsmoment ausübt, nicht in Rechnung bringen zu dürfen, so ließ ich die Platten, welche ungefähr  $\frac{1}{2}$  Linie dick waren, bei Untersuchung der horizontalen Schwingungsdauer immer auf der schmalen Seite schwingen. Zur Bestimmung einer constanten Einheit für die Schwingungsdauer bediente ich mich der Formel:

$$c = \frac{l}{\sqrt[3]{3w}},$$

wo  $\log c$  die Schwingungsdauer einer französischen Cubiklinie in Quarten bedeutet, und das Volumen in französischen Cubiklinien ausgedrückt ist; hiebei ist jedoch zu bemerken, daß dieses nicht die wirkliche Schwingungsdauer einer Cubiklinie, sondern nur das Verhältniss der magnetischen Kraft zum Volumen, in Zeit der Schwingungsdauer ausgedrückt, bedeutet. Denn für die wahre Schwingungsdauer dieses Volumens muß dieser Werth noch mit der

Größe  $\frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{l}$  multiplicirt werden. Der Werth dieser

Größe ist nur von dem Verhältniss der Länge zur Breite, aber nicht von der magnetischen Kraft abhängig, und ist bei den bezeichneten Versuchen so klein, daß ihr Einfluss gar nicht bemerkbar ist; man muß sich dieselbe jedoch immer als beigeschrieben hinzudenken, wo sie nicht angemerkt ist. Was die Breite in Betreff der Drehungsmomente bei der horizontalen Schwingungsdauer ist, das ist die Dicke bei der verticalen Schwingungsdauer; ihr Einfluss ist nur bei dem Stab No. 7, welcher 2,897 Linien Dicke hat, bemerkbar, und wurde daher auch hier gehörig in Rechnung gebracht.

Ehe wir jedoch das Verhältniss der verticalen zur horizontalen Schwingungsdauer genauer untersuchen, wollen wir zu derjenigen Volumeneinheit zurückkehren, wo Pendel- und Magnetschwingungen zusammenfallen, und wo die Zeit für die Pendelschwingung

$$t = \pi \sqrt{\frac{2l}{3g}} \cdot \sqrt{2}$$

ist. Diese Volumeneinheit ist, wie aus den früher bekannt gemachten Versuchen hervorgeht, ein Cubus, und die Größe dieser Cubi hängt von der Stärke der magnetischen Kraft ab. Diese Cubi haben die Eigenschaft, dass ihre Schwingungsdauer den Quadratwurzeln ihrer Länge proportional ist; man kann daher

$$\begin{array}{lll} \text{ihre Länge} & = 1 \\ \text{ihre Masse oder Volum} & = 1 \\ \text{und ihre Kraft} & = 1 \end{array}$$

setzen, und sie in Beziehung auf die Schwingungsdauer als Massen oder Volumeneinheiten so betrachten, als ob von ihnen das Verhältniss der magnetischen Kraft zur Masse seinen Anfang nähme. Ist daher die Länge eines solchen Cubus  $= m$ , so ist sein Querschnitt  $= mm$ . Die Schwingungsdauer der Volumeneinheit von der Länge  $m$  sey  $= c_0$ , so ist die Gleichung für die Schwingungsdauer eines jeden magnetischen Cubus, wenn  $l$  die Länge,  $w$  den Querschnitt bezeichnet

$$t = c_0 \sqrt{lm} \cdot \sqrt[3]{wmm} \frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{l},$$

bei dem Cubus ist aber  $w = ll$ , und die Gleichung wird daher:

$$t = c_0 \sqrt{lm} \cdot \sqrt[3]{llmm} \frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{l} \quad t = c_0 \sqrt[6]{l^2 m^2} \frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{l};$$

die Schwingungsdauer der magnetischen Cubi verhalten sich daher bei gleichem Werthe von  $c$  wie:

$$\sqrt[6]{l^2} : \sqrt[6]{L^2}.$$

Da aber nach dem magnetischen Gesetz die Quadrate der Massen oder Volumen zunehmen wie die Cubi der magnetischen Kräfte, so darf, wenn  $t$  im Verhältniss zu  $\sqrt[6]{l^2} \sqrt[6]{w}$  bleiben soll, bei jedem magnetischen Cubus  $lm$  nur um  $\sqrt{lm}$  wachsen, wodurch  $wmm$  um  $\sqrt{lm}$  abnimmt, daher:

$$l'm = w'mm$$

wird. Bei diesem Verhältnis tritt der Gränzwerth der Länge ein, wo die Gleichung

$$t = c_0 \sqrt{lm} \cdot \sqrt[3]{wm} \quad t = c_0 \sqrt[6]{l^3 m^3}$$

wird. Die Werthe der Gleichung

$$t = c \cdot \sqrt{l} \cdot \sqrt[3]{w}$$

liegen daher innerhalb der Gränzen:

$$lm = \sqrt{wm}$$

bis

$$l'm = w'm$$

oder

$$l' = w'm,$$

woraus sich ergiebt, dass ein magnetischer Cubus, der sich verlängert, desto früher den Gränzwerth der Länge erreicht, je stärker seine magnetische Kraft oder je gröfser  $m$  ist, weil  $\sqrt{lm}$  kleiner wird, dass aber der entgegengesetzte Fall eintritt, wenn seine magnetische Kraft schwächer, oder  $m$  kleiner wird, weil alsdann  $\sqrt{lm}$  gröfser wird. Die Gleichung

$$l = wm$$

zeigt auch, warum der Gränzwerth hier stattfindet; denn da das Moment, welches die Winkelgeschwindigkeit bestimmt, oder das Trägheitsmoment dem Quadrat der Länge proportional wächst, die magnetische Kraft einer Masse und ihr Verhältniss zu derselben aber immer dieselbe und dem Volumen proportional bleibt, und von der Form unabhängig ist, so muss die Winkelgeschwindigkeit abnehmen, wenn  $l^2$  gröfser als  $w^2 m^2$  wird. Wie sich die Schwingungsdauer ändert, wenn  $l$  gröfser als  $wm$  wird, ist aus früheren Versuchen bekannt, und die folgenden Versuche zeigen, wie sich die verticale Schwingungsdauer zur horizontalen verhält.

#### Gewicht und Volumen von sechs Platten und einem Magnetstab.

	Gewicht	Volumen.	Länge.	Breite.
No. 1	2 $\frac{3}{4}$ Loth	log 2,73070	66 Lin.	28 $\frac{1}{2}$ Lin.
- 2	3 $\frac{1}{2}$	- 2,77745	68 -	28 $\frac{1}{2}$ -
- 3	3 $\frac{3}{4}$	- 2,79482	70 -	28 -
- 4	3 $\frac{1}{2}$	- 2,87258	70 -	24 -
- 5	3 $\frac{1}{4}$	- 2,80325	71 -	24 -
- 6	1 $\frac{1}{4}$	- 2,53441	70 -	11 -
- 7	8 $\frac{1}{16}$	- 3,23647	70 -	8 $\frac{1}{2}$

## Schwingungsdauer.

	log c.	Horizontale Schwingungsd.	Verticale Schwingungsd.	Berechnet.
No. 1	2,88691	3,50 Sec.	2,85 Sec.	2,70 Sec.
- 2	2,94521	4,17 -	3,17 -	3,10 -
- 3	2,97136	4,51 -	3,33 -	3,32 -
- 4	2,94450	4,50 -	3,06 -	3,17 -
- 5	2,99003	4,75 -	3,25 -	3,30 -
- 6	2,95770	4,06 -	1,98 -	1,95 -
- 7	3,05419	7,66 -	3,89 -	4,00 -

Es sey nun das Volumen einer Platte, welche länger ist als breit . . . . . =  $V$

Ihre Länge bei der horizontalen Schwingungsdauer . . . . . =  $L$

Ihre Breite, welche bei der verticalen Schwingungsdauer zur Länge wird . . . . . =  $l$

$\frac{V}{L}$  sey gleich dem kleineren Querschnitt . . . . . =  $w$

$\frac{V}{l}$  sey gleich dem gröfseren Querschnitt . . . . . =  $\Omega$

Die horizontale Schwingungsdauer sey gleich . . . . . =  $T$

Die verticale Schwingungsdauer sey gleich . . . . . =  $t$

so ist die Gleichung für die horizontale Schwingungsdauer

$$T = c \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt[3]{w} \quad (II)$$

und für die verticale Schwingungsdauer wird dieselbe, wie aus den Versuchen hervorgeht:

$$t = c \cdot \sqrt{l} \cdot \sqrt[3]{\frac{\Omega}{w}} \quad t = c \cdot \sqrt{l} \cdot \sqrt[6]{\Omega} \sqrt[6]{w}, \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (III)$$

oder:

$$t = c \cdot \sqrt{l} \cdot \sqrt[3]{\frac{\Omega}{L}} \quad t = c \cdot \sqrt{l^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{\Omega}{L}} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (III)$$

wird die verticale Schwingungsdauer auf die gröfsere Länge  $L$  reducirt, so erhält man:

$$\left. \begin{array}{l} t = c \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt[3]{\frac{w}{\frac{\Omega}{w}}} \\ t = c \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt[3]{\frac{w^2}{\Omega}} \end{array} \right\} \text{(IV)}$$

oder:

$$\left. \begin{array}{l} t = c \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt[3]{\frac{w}{\frac{L}{t}}} \\ t = c \cdot \sqrt[6]{L} \cdot \sqrt[3]{t} \cdot \sqrt[3]{w} \end{array} \right\}$$

dividirt man die Gleichung (II) durch die Gleichung (IV) so erhält man:

$$\frac{T}{t} = \sqrt[3]{\frac{\Omega}{w}} \quad \text{oder} \quad \frac{T}{t} = \sqrt[3]{\frac{L}{t}}.$$

Nach dieser Formel wurde nun die verticale Schwingungsdauer berechnet, und es zeigt sich zwischen Beobachtung und Rechnung eine sehr gute Uebereinstimmung. Um nun den Grund, worauf diese Gleichungen beruhen, und die Aenderung in der Schwingungsdauer klar einzusehen, so lasse man die verticale und horizontale Schwingungsdauer zusammenfallen. Dieses geschieht da, wo die Platte ein Quadrat wird, weil sie hier von beiden Seiten mit gleicher Kraft angezogen wird. Nun verwandle man z. B. die Platte No. 3 von dem Volumen =  $\log 2,79482$ , welche 70 Linien lang und 28 Linien breit ist, in ein Quadrat, dessen eine Seite 28 Linien lang ist, so ist die Schwingungsdauer dieses Quadrats nach der Gleichung:

$$t = c \cdot \sqrt{l} \cdot \sqrt[3]{w} = 3,8713 \text{ Secunden;}$$

den andern Werth, welchen man noch erhält, wenn man

obige Schwingungsdauer mit  $\frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{l}$  multiplicirt, lassen

wir unberücksichtigt. Verwandelt sich nun dieses Quadrat in eine Platte, welche 70 Linien lang wird, und die Breite von 28 Linien behält, so wird, wie die Versuche zeigen, die verticale Schwingungsdauer dieser um die

$$\frac{\sqrt{\frac{70}{28}}}{\sqrt[3]{\frac{70}{28}}} = \sqrt[6]{\frac{70}{28}}$$

kürzer als die Schwingungsdauer der Quadrate; die horizontale Schwingungsdauer wird aber um  $\sqrt{\frac{70}{28}}$  länger als die Schwingungsdauer des Quadrats. Aus diesen und den früher mitgetheilten Gleichungen lassen sich alle Aenderungen in der Schwingungsdauer, welche aus Veränderung der Form entstehen, bestimmen, und auch noch viele andere Wahrheiten aus denselben ableiten. Sollen die Versuche mit dem Transversalmagnetismus gelingen, so müssen die Platten oder Stäbe glashart seyn, und dürfen keine weichen Stellen haben, auch darf das Verhältnis der Breite zur Länge nicht allzuklein, und dasjenige der Dicke zur Breite nicht allzugroß oder der Querschnitt quadratisch seyn, ingleichen muß man sich kräftiger und breiter Magnete beim Transversalmagnetisiren bedienen. Mit einem einzigen Magnet kann man nicht wohl transversal magnetisiren, sondern es sind immer zwei dazu nothwendig, welche so viel als möglich gleiche Kraft haben sollen. Die erwähnten Magnete wurden auf folgende Art transversal magnetisirt. Es wurden zwei hufeisenförmige Magnete, jeder von 100 Pfund Tragkraft, auf einen Tisch so gelegt, daß ihre ungleichnamigen Pole einander gegenüber lagen, deren Entfernung von einander sich jederzeit nach der Breite der Magnete richtete. Da man aber hier von jedem Magnet nur einen Pol benutzen kann, so wurde die Platte quer über den Pol eines jeden Magnets so gelegt, daß z. B. der Nordpol der einen zur rechten, der Südpol der andern zur linken Hand lag, und darauf gesehen, daß die Mitte der Entfernung beider Magnete genau die Mitte der Platte halbierte, damit nicht eine Seite stärker magnetisirt würde als die andere; dann wurde die Platte in gerader Richtung auf einer Seite drei bis vier Mal hin- und hergezogen, darauf umgewandt, ohne daß sie jedoch vom Magnet getrennt worden wäre, und, nachdem mit der andern Seite eben so verfahren worden war, rasch senkrecht in die Höhe abgehoben.

Aus dem Vorigen haben wir gesehen, daß die Constante

*c* oder die Schwingungsdauer einer Cubiklinie auch durch die verticalen Schwingungen aufgefunden werden kann, und dass er für den Werth derselben zwei Gleichungen giebt, entweder:

$$c = \frac{t}{\sqrt[6]{L \cdot \sqrt[3]{l} \cdot \sqrt[3]{w}}} \quad \text{oder} \quad c = \frac{t}{\sqrt[6]{l \cdot \sqrt[6]{L} \cdot \sqrt[6]{w}}} \quad \dots \dots \quad (\text{V})$$

aber es lassen sich nur sehr wenig Stäbe transversal magnetisiren, und wenn ein Magnet bei den Horizontalschwingungen sein gesetzliches Volumen nicht besitzt, so kann durch dieselben kein Werth von *c* gefunden werden, weil ein Magnetstab, der den Gränzwerth der Länge erreicht hat, bei unveränderter Länge durch Verminderung der Masse oder des Volumens seine horizontale Schwingungsdauer nicht mehr ändert. Es fragt sich nun, wie bei einem Magnet, der sein gesetzliches Volumen nicht besitzt, wie dies bei No. 6 der Fall ist, durch die horizontale Schwingungsdauer der Werth von *c* gefunden werden könne. Dies wird nur dadurch möglich, dass für eine bestimmte Länge das gesetzliche Volumen und die dazu gehörige Schwingungsdauer, bei einer bestimmten unveränderlichen magnetischen Kraft, genau bekannt ist, um einen festen Werth bei Vergleichung der Schwingungsdauer anderer Magnete zu haben. Aber dieses gesetzliche Volumen wird nur durch die Grösse derjenigen Volumeneinheit, wo Magnet- und Pendelschwingungen zusammenfallen, bestimmt, und es ist daher die genaue Bestimmung dieser Grösse von großer Wichtigkeit, weil ohne die Kenntniß derselben viele Untersuchungen gar nicht angestellt werden können. Vermittelst der durch die früheren Versuche aufgefundenen Constante  $\frac{l}{w}$  habe ich nun das gesetzliche Volumen eines Stabes von einem Pariser Fuß oder 144 französischen Linien Länge folgendermaßen so genau als möglich zu bestimmen gesucht.

Die Länge des einfachen Secundenpendels in Nürnberg ist unbekannt, sie kann aber von 440,50 französischen Linien nicht viel abweichen; dies giebt nach der Formel

$$t = \pi \sqrt{\frac{2l}{3g}} \text{ für den zusammengesetzten oder physikalischen}$$

Pendel, die Länge von 660,75 franz. Linien. Der Logarithmus der Dichtigkeit oder das Gewicht einer franz. Cubiklinie Stahl wurde nach den zuverlässigsten Angaben zu 0,08884 im baierisch. Gewicht berechnet.

Bei meinen früheren Versuchen wurde die Einheit für die Schwingungsdauer zu einem baierisch. Loth Gewicht und einem franz. Zoll Länge angenommen, und der constante Werth für die Schwingungsdauer derselben

$$= \log 0,43200 \text{ in Secunden}$$

$$= \log 3,98830 \text{ in Quarten}$$

festgesetzt. Dividirt man diese Grösse durch die Cubikwurzel von 240 und noch durch die sechste Wurzel von 12, so erhält man für die Schwingungsdauer eines baierisch. Grans als Cubus oder für  $\log c_u = 3,01504$  in Quarten für die Schwingungsdauer einer franz. Cubiklinie oder

$$\log c_u = 3,04466 \text{ in Quarten,}$$

und wir erhalten bei dieser magnetischen Kraft für das gesetzliche Volumen eines Magnetstabes von 144 franz. Linien Länge folgende Werthe:

$$\text{Log Volumen} = 3,19492 \quad \text{Gewicht} = 1922 \text{ Gran oder } 8$$

$$\log l = 2,15836 \quad \text{Loth } 2 \text{ Gran baier. Gewicht.}$$

$$\log w = 1,03656$$

$$\log \frac{l}{w} = 1,12180$$

Logarithmus der Länge derjenigen Volumeneinheit, wo Pendel- und Magnetschwingungen zusammenfallen, oder

$$\log m_0 = -1,12180.$$

Logarithmus der Schwingungsdauer dieser Volumeneinheit oder

$$\log c_0 = 1,73589 \text{ in Quarten;}$$

sind nun diese Grössen richtig und genau bestimmt, so müssen die drei Gleichungen

$$t = c_u \sqrt[3]{p} \cdot \sqrt[6]{l}$$

$$t = c_0 \sqrt[3]{l} \sqrt[6]{w}$$

$$t = c^s \sqrt[6]{l_0 m^3}$$

gleiche Werthe geben. Es ist aber in allen drei Gleichungen

$$t = \log 4,46936 \text{ in Quarten} = 8,19 \text{ Secunden.}$$

Dieses könnte nicht der Fall seyn, wenn nicht

$$c_i = c_0 \sqrt[6]{m^7},$$

weil beide Cubi sind, und

$$l = \nu m$$

wäre. Hiebei ist der Einfluß der Breite auf die Schwingungsdauer nicht in Rechnung gebracht; nehmen wir jedoch den Querschnitt quadratisch an, so beträgt die Schwingungsdauer zwei Quarten mehr. Diese angegebenen Werthe dienen nun bei allen künftigen Untersuchungen zur Grundlage.

Erst durch die Kenntniß dieser Größen sind wir im Stande den Werth von  $c$  bei dem Magnet No. 6 durch die horizontale Schwingungsdauer aufzusuchen. Es muß nämlich, da derselbe 70 Linien Länge hat, die Schwingungsdauer und das Volumen nach diesen festen Größen für eben dieselbe Länge berechnet werden. Die Schwingungsdauer wird erhalten durch die Proportion:

$$\sqrt[6]{144^5} : \sqrt[6]{70^5} = 8,19 \text{ Secund.} : 4,4875 \text{ Secund.} ;$$

da nun der Magnet No. 6 bei derselben Länge 4,06 Secunden Schwingungsdauer hat, so ist er stärker magnetisch. Das gesetzliche Volum für 70 Linien Länge nach den festen Größen wird erhalten durch die Proportion:

$$144^2 : 70^2 = \log 3,19492 : \log 2,56840 ;$$

da nun der Magnet No. 6 stärker magnetisch ist, so hat er auch ein größeres gesetzliches Volum. Es verhalten sich aber bei dem Gränzwerth der Länge die gesetzlichen Volumen umgekehrt, wie die Cubi der Schwingungsdauer, daher gibt die Proportion:

$$4,06^3 \text{ Secund.} : 4,4875^3 \text{ Secund.} = \log 2,56840 : \log 2,69884$$

das gesetzliche Volum für den Magnet No. 6 von 70 Linien Länge, wodurch also die Größen gegeben sind, woraus man  $c$  findet.

Es ist daher das gesetzliche Volum:

$$= \log 2,69884$$

und das Gewicht:

$$= 613,3 \text{ Gran oder } 2\frac{1}{2} \text{ Loth und } 13\frac{1}{3} \text{ Gran.}$$

$$\log l = 1,84510$$

$$\log w = 0,85374$$

$$\log \frac{l}{w} = 0,99136$$

$$\log c = 2,95770$$

in Quarten.

Logarithmus der Länge derjenigen Volumeinheit, wo Pendel und Magnetschwingungen zusammenfallen, oder

$$\log m_{00} = -0,99136.$$

Logarithmus der Schwingungsdauer dieser Volumeinheit, oder

$$\log c_{00} = 1,80111.$$

Bei diesen Werthen muss

$$\sqrt[3]{l} \sqrt[3]{w} = c_{00} \sqrt[6]{l^3 m_{00}^3} = 4,06 \text{ Secund. und } c = c_{00} \sqrt[6]{m_{00}^7}$$

seyen, welche Werthe auch ganz genau erhalten werden.

Aus der Gleichung (V), wo  $c$  durch die verticale Schwingungsdauer bestimmt wird, erhält man das gesetzliche Volum für die horizontale Schwingungsdauer unmittelbar durch die Gleichung:

$$\sqrt[3]{w} = \frac{T}{c \cdot \sqrt{L}}.$$

Die verticale Schwingungsdauer kann aber auch noch auf einem andern Weg vermittelst des gesetzlichen Volums und der horizontalen Schwingungsdauer nach der Gleichung

$$\frac{T}{\sqrt[3]{\frac{\Omega}{w}}} = t$$

aufgefunden werden, welches im gegenwärtigen Fall verdient in besondere Betrachtung gezogen zu werden.

Das gesetzliche Volum bei dem Magnet No. 6 ist  $= \log 2,69884$

Das wirkliche Volum ist . . . . .  $= \log 2,53441$

Nach dem gesetzlichen Volum ist  $\Omega$  . . . . .  $= \log 1,65745$

Nach dem gesetzlichen Volum ist  $w$  . . . . .  $= \log 0,85374$

Nach dem gesetzlichen ist  $\sqrt[3]{\frac{\Omega}{w}}$  . . . . .  $= \log 0,26790$

Nun beachte man Folgendes. Bei der Platte No. 6 nimmt bei dem gesetzlichen Volum von dem Gränzwerth der Länge an die horizontale Schwingungsdauer nicht ab, wenn das Volum oder der Querschnitt  $q$  Mal kleiner wird, sondern dieselbe bleibt unverändert, dagegen nimmt aber die verticale Schwingungsdauer um  $\sqrt[3]{q}$  ab, wenn der Querschnitt oder das Volum ohne Veränderung der Breite  $q$  Mal kleiner wird.

Zu dem Logarithmus  $\sqrt[3]{\frac{\Omega}{w}}$  . . . . . =  $\log 0,26790$

kommt daher noch die dritte Wurzel aus dem Quotienten, welcher entsteht, wenn das gesetzliche Volum durch das wirkliche dividirt wird, nämlich  $= \sqrt[3]{0,05481}$  0,32271

Es ist aber die horizontale Schwingungsdauer des Magnets No. 6 = 4,06 Secunden oder  $T = \log 0,60853$   
 wird obiger Logarithmus davon abgezogen als  $= \log 0,32271$   
 so ist die verticale Schwingungsdauer oder  $\log t = 0,28582$

welches

### 1,95 Secunden

gibt; nach den Versuchen wurde aber die verticale Schwingungsdauer gleich

**1,98 Secunden**

befunden.

Die Kenntnis von der kleinsten magnetischen Kraft, welche eine Masse besitzt, um Polarität äussern zu können, ist von nicht weniger geringerem Interesse. Um dazu zu gelangen, so wurde über die Pole zweier hufeisenförmigen Magnete, von 70 Pfund Tragkraft und 14 Pfund Gewicht, eine glasharte Platte in einer Entfernung von 9 Zoll gelegt. Nach Verlauf einer Viertelstunde wurde dieselbe untersucht, aber ohne allen Magnetismus befunden; auf diese Art wurde mit der Annäherung an die Magnete von Zoll zu Zoll fortgesfahren. Bei 6 Zoll Entfernung waren an ein Paar einzelnen Stellen schwache Andeutungen von Magnetismus bemerkbar, ohne dass jedoch Polarität vorhanden gewesen wäre; bei 5 Zoll Entfernung hatte jedoch die Platte

Polarität erhalten, und ihre Indifferenzlinie lag in der Mitte. Die Platte wog  $3\frac{1}{4}$  Loth, war 70 Linien lang, 24 Linien breit, und der Logarithmus ihres Volumens ist gleich 2,87258. Ihre horizontale Schwingungsdauer betrug auf der schmalen Seite, wenn man die Schwingungen auf unendlich kleine reducire

81,88 Secunden.

Dieses giebt für die Schwingungsdauer einer Cubiklinie oder für den Werth von  $c$  den

$$\begin{aligned} &\log 0,64814 \text{ in Secunden} \\ &= \log 4,20444 \text{ in Quartern}; \end{aligned}$$

nun ist die Frage, wie groß ist hier die Volumeneinheit, wo Pendel- und Magnetschwingungen zusammenfallen, und welches Volum und welche Schwingungsdauer hat bei solcher magnetischen Kraft ein Magnetstab von 144 Linien Länge, bei dem Gränzwerth seiner Länge, wo  $lm = wmm$  ist. Hier ist der Werth von  $c$  bekannt und gleich

$$\log 4,20444$$

der feste Werth von  $c$ , nach welchen die Grö-

ßen bestimmt wurden, ist gleich . . . .  $\log 3,04466$   
Es verhalten sich aber bei denjenigen Volumeneinheiten, wo die Pendel- und Magnetschwingungen zusammenfallen, die Quadratwurzeln aus den Längen, wie die Schwingungsdauer, und bei den magnetischen Cuben von gleichem Volumen verhalten sich die Cubi der Schwingungsdauer umgekehrt wie die magnetischen Intensitäten; es verhält sich daher:

$$\sqrt{c_i^3} : \sqrt{c^3} = -\log 1,12180 : -\log 2,86147,$$

daher ist bei dieser magnetischen Kraft bei einem Stabe von 144 Linien Länge, bei dem Gränzwerthe derselben das gesetzliche Volum =  $\log 1,45525$  und das Gewicht = 35 Gran:

$$\log l = 2,15836$$

$$\log w = -0,70311$$

$$\log \frac{l}{w} = 2,86147$$

Logarithmus der Länge derjenigen Volumeneinheit wo Magnet- und Pendelschwingungen zusammenfallen, oder:

$$\log m_{00} = -2,86147$$

Logarithmus der Schwingungsdauer dieser Volumeneinheit, oder:

$$\log c_{00} = 0,86606 \text{ in Quarten}$$

die Schwingungsdauer dieses Stabes ist nach der Gleichung:

$$t = c_{00} \sqrt[6]{l^3 m^5_{00}} = 31,113 \text{ Secunden.}$$

Da nun die erwähnte Platte 70 Linien lang ist, so bestimme man für diese Länge bei dieser magnetischen Kraft das gesetzliche Volum, und die dazu gehörige Schwingungsdauer. Das gesetzliche Volum für diese Länge ist gleich  $\log 0,82873$  und das Gewicht = 8,271 Gran, hiebei ist die Schwingungsdauer gleich  $\log 1,23190$  gleich 17,053 Secunden, die Platte wiegt aber  $3\frac{1}{6}$  Loth oder 915 Gran, man kann sie daher als eine Masse betrachten, welche aus 110,63 kleiner Magnete zusammengesetzt ist, wovon jeder 8,271 Gran wiegt, 70 Linien Länge und eine Schwingungsdauer von 17,053 Secunden hat, wenn man daher diese Schwingungsdauer

mit der Cubikwurzel aus  $\frac{915}{8,271}$  multiplicirt, so muß die

Schwingungsdauer der Platte von 81,88 Secunden herauskommen, auch muß

$$c_{00} \sqrt[6]{m^7_{00} l \cdot \sqrt[3]{w}} = 81,88 \text{ Secunden seyn}$$

welche beide Werthe auch ganz genau erhalten werden.

Da nun das Gesetz, welches die magnetische Kraft befolgt, bekannt ist, so läßt sich auch etwas Näheres ermitteln über die Form der Magnete und über die Aeußerung des Magnetismus nach den verschiedenen Formen, über die chemische und materielle Beschaffenheit der Masse, über die stärkste magnetische Kraft, welche derselben ertheilt werden kann, und unter welchen Umständen und Verhältnissen die größte Kraftäußerung des Magnetismus stattfindet.

Bei meinen Versuchen hat sich gezeigt, daß auch ungehärteter Stahl, wenn er die gehörigen Eigenschaften besitzt, eine bedeutende magnetische Kraft annimmt. Ob die-

selbe jedoch bleibend sey, darüber konnte ich nur durch die Zeit Aufschluß erhalten. Ich habe daher vor dreizehn Monaten einen Magnetstab von ungehärtetem Stahl verfertigt, welcher  $7\frac{3}{4}$  Loth wog,  $16\frac{2}{3}$  Zoll lang, 5 Linien breit und  $1\frac{1}{10}$  Linie dick war. Die Schwingungsdauer desselben betrug:

11,92 Secunden.

Vergleicht man diese Schwingungsdauer mit derjenigen, welche Stäbe von gehärtetem Stahl bei gleicher Länge und Masse besitzen, so ergiebt sich daraus eine nicht unbedeutliche magnetische Kraft. Innerhalb des Zeitraums von dreizehn Monaten wurde die Schwingungsdauer sechsmal, zuletzt noch vor wenigen Tagen, untersucht, und folgendermaßen befunden:

11,92 Secund.	11,88 Secund.	11,96 Secund.	11,90 Secund.
11,86	-	11,98	-
		11,84	-
			11,88

Hiebei wurde auf die Temperaturveränderung nicht Rücksicht genommen, die Beobachtungen zeigen aber hinlänglich, daß die Kraft des Stabes unveränderlich geblieben ist.

Von dieser Eigenschaft des Stahls kann nun öfters mit Nutzen Gebrauch gemacht werden; denn da es bei manchen Versuchen vortheilhaft ist, sich langer Stäbe von geringer Masse zu bedienen, dieselben sich aber beim Härteten immer etwas verziehen, so findet dieser Uebelstand bei ungehärteten nicht statt, und man ist dadurch in den Stand gesetzt, ihnen eine ganz vollkommen genaue Form zu geben. Will man sich aber eines Magnetstabes sowohl von gehärtetem als ungehärtetem Stahl zu genauen Messungen bedienen, so muß man sich vorher von seiner unveränderlichen und bleibenden Kraft überzeugen, wobei man folgendermaßen verfahren kann. Ist der Stab magnetisirt, so lege man an die beiden Polenden Eisenstäbe an, und reisse sie ein paar Mal ab, wie man es bei Hufeisenmagneten zu thun pflegt, hernach lasse man ihn zwei bis drei Stunden ruhig liegen; darauf untersuche man seine Schwingungsdauer. Hat nun dieselbe nach Verfluss von 24 Stunden zugenommen, so ist sich nicht auf denselben zu verlassen,

und er ist zu genauen Messungen nicht zu gebrauchen, findet man aber, dass derselbe noch seine frühere Schwingungsdauer hat, so kann man versichert seyn, dass er später an seiner Kraft nichts mehr verliert, nur ist bei dieser Untersuchung mit aller Vorsicht darauf zu sehen, dass kein anderer Magnet in seine Nähe gebracht werde.

Die genaue Durchführung aller von mir angegebenen Versuche ist sehr schwierig und kostspielig. Man kann sich aber von der Richtigkeit des magnetischen Gesetzes dadurch überzeugen, wenn man Magnetstäbe von 1 Par. Fuß Länge von beliebigem Gewicht verfertigt, und versucht, ob man bei dieser Länge, ihre Masse mag so gross oder so klein seyn als sie will, ihnen eine bleibende Schwingungsdauer ertheilen könne, welche viel kürzer als 7,25 Secunden. ist.

Nürnberg, den 11. Febr. 1848.

## VI. Untersuchung über die latente Schmelzwärme;

von Hrn. C. C. Person.

Professor der Physik an der Facultät der Wissenschaften in Besançon.

(*Ann. de chim. et de phys.*, N. S. III, T. XXI, p. 295.)

Durch Betrachtungen, die ich weiterhin auseinandersetzen werde, bin ich zu glauben veranlaßt, dass die latente Schmelzwärme wenigstens angenähert gegeben seyn müsse durch die Formel:

$$(n+t)\delta = l,$$

worin bezeichnet:  $l$  die latente Wärme,  $n$  eine Constante,  $t$  die Schmelztemperatur, und  $\delta = C - c$  den Unterschied der specifischen Wärmen im flüssigen und starren Zustand. Die Formel sagt also, dass die latente Schmelzwärme gleich sey dem Unterschied der specifischen Wärmen im starren und

*flüssigen Zustand, so oft genommen als Grade vorhanden sind vom Schmelzpunkt an bis zum Grade n unter Null.*

Bei ihrem gegenwärtigen Zustand liefert die Wissenschaft nicht die erforderlichen Data, um zu entscheiden, ob die Formel richtig sey oder nicht. Die latente Schmelzwärme ist bisher wenig studirt; sehr genau kennt man sie nur für das Eis durch die Versuche der HH. de la Provostaye und Desains <sup>1)</sup>, so wie die des Hrn. Regnault <sup>2)</sup>, allein die übrigen zwei oder drei Bestimmungen, die man in den meisten physikalischen Lehrbüchern findet, sind ganz unrichtig. Als Annäherungen hat Hr. Gay-Lussac in seinen Vorlesungen weit genauere Zahlen gegeben, die aber nicht in die Handbücher übergegangen sind, so z. B. wenn die latente Wärme des Wassers zur Einheit genommen wird, für die des Zinns 0,205, des Wismuths 0,22, des Bleis 0,08 und des Schwefels 0,1.

Durch ein Verfahren, welches Hr. Despretz für ungenau hält, hat Rudberg gefunden für Zinn 13,3 und für Blei 5,8 Wärmeeinheiten <sup>3)</sup>.

Im J. 1840 hat Hr. Despretz in der Academie eine Abhandlung über die latente Schmelzwärme gelesen, ohne aber Zahlenwerthe anzugeben; indes finden sich darin schätzbare Nachweisungen über das Verfahren <sup>4)</sup>.

Was die specifischen Wärmen betrifft, so habe ich sie aus der grofsen Arbeit des Hrn. Regnault genommen. Indes da sie darin für keine Substanz zugleich im starren und im flüssigen Zustand gegeben sind, so musste ich sie für einige derselben bestimmen, wie man in dieser Abhandlung sehen wird. Ich habe die des Eises und des Phosphors gemessen, ehe ich die des Hrn. Desains <sup>5)</sup> kannte.

1) Annalen, Bd. 62, S. 30.

2) Annalen, Bd. 62, S. 42.

3) Annalen, Bd. 19, S. 125.

4) Annalen, Bd. 52, S. 177.

5) Annalen, Bd. 65, S. 435 und Bd. 70, S. 315.

### Vom Calorimeter, seiner Anfangs- und Endtemperatur.

Ich habe die specifischen und latenten Wärmen durch die Mengungsmethode gemessen. Das angewandte Calorimeter (Taf. II, Fig. 9, *A, B*) ist von sehr düninem Messingblech (*cuivre gratté*). Auf seinem Boden steht ein Dreifuss zum Tragen der eingetauchten Körper; ein Deckel verhütet die Verdunstung, deren Veränderungen zu viel Einfluss auf den Gang der Erkaltung haben würden. Das Fernrohr *L* verfolgt den Gang des in das Calorimeter getauchten Thermometers; das Fernrohr *l* liefst die Temperatur der Umgebung am Thermometer *T* ab. *C* ist ein Schirm, der den vom Windfang des Uhrwerks erzeugten Luftzug abhält. Fig. 11 stellt einzeln den Zeiger *MN* vor, dessen Druckschraube *V* den Lauf des Umrührers, Fig. 10, regelt.

Aus Fig. 9 ersieht man, dass das Calorimeter ganz nackt und isolirt ist. Seit einiger Zeit bedient man sich Calorimeter mit doppelter Hülle, welche man selbst mit Watte von Schwandaunen u. s. w. umgiebt; man verringert dadurch den Wärmeverlust, macht aber dafür die Messung weit unsicherer. Bei einem nackten Calorimeter hängt der Verlust fast ausschliesslich von dem Unterschied zwischen der Temperatur des Calorimeters und der Umgebung ab. Wendet man aber eine Hülle an, so kann diese, je nach dem Gang der verschiedenen Versuche, sich auf irgend einer intermediären Temperatur befinden und dadurch sehr ungleiche Verluste herbeiführen. Hat z. B. mein Calorimeter  $5^{\circ}$  und die Umgebung  $0^{\circ}$ , so beträgt der Verlust sehr nahe 22 Wärmeeinheiten pro Minute, vielleicht noch mehr; füge ich aber eine Hülle hinzu, so habe ich, selbst wenn das Calorimeter  $5^{\circ}$  besitzt und die Umgebung auf  $0^{\circ}$  bleibt, ungleiche Verluste, je nachdem die Temperatur der Hülle 1, 2, 3 oder  $4^{\circ}$  ist. Man müsste diese intermediäre Temperatur in Rechnung ziehen, was man aber bisher nicht gekonnt hat. Hr. Regnault, mit dem ich über diese Schwierigkeit sprach, sagte mir, dass ihm ein nacktes Calorimeter vorzüglicher schiene, sobald die Ver-

suche eine gewisse Dauer haben müfsten, was nun im Allgemeinen bei den meinigen der Fall ist.

Sey  $M$  das Wasser-Aequivalent des vollständigen Calorimeters, d. h. mit Einschlus der darin enthaltenen Flüssigkeit, des Umrührers und Thermometers. Man hat dann:

$$M = PC + \nu,$$

wo  $P$  das Gewicht der Flüssigkeit,  $C$  ihre specifische Wärme und  $\nu$  das Aequivalent des Gefäßes, Umrührers und Thermometers.

$P$  bestimmt sich durch Wägungen, mit Rücksicht auf den Gewichtsverlust in Luft; man braucht dazu, wenn es sich um Wasser handelt, dem rohen Gewicht der Flüssigkeit nur ein Tausendstel hinzuzufügen. Wenn das Calorimeter bedeckt ist, kann man, im Allgemeinen, die Verdampfung vernachlässigen. Das von mir angewandte Thermometer hat einen Bereich von mehr als 20 Graden, jeden von etwa 15 Millimetern; aber es finden sich auf ihm auch die beiden festen Punkte vermöge einer Einrichtung, die ich in einer der Academie überreichten Note beschrieb. Es folgt daraus, daß man noch auf Hundertel eines Grades rechnen kann, selbst wenn die Veränderung 15 bis 16 Grade beträgt; dies ist nicht der Fall bei den durch Vergleich graduirten Thermometern. Ist z. B. die Veränderung eben so groß als das zu ihrer Graduirung genommene Intervall, so vermögen sie nicht, wie lang auch ihre Grade seyen, dieses Intervall mit mehr Genauigkeit zu geben als das ihnen zum Typus dienende Thermometer von kleinen Graden.

Um die Anfangstemperatur des Calorimeters zu erhalten, folgt man dem Gang des Thermometers vor dem Versuch, indem man den Umrührer in Bewegung setzt; z. B. wird

bei 25',60 abgelesen 207 (willkühr. Scale)

- 29,00	- 205
- 30,55	- 204
- 31,80	die Eintauchung gemacht.

Die vorstehenden Beobachtungen geben 203,2 oder 203,25 für die Temperatur im Moment der Eintauchung. Die Un-

sicherheit beläuft sich nur auf 0,005 Grad, und dennoch war die Erkaltung in diesem Fall sehr rasch, denn der Ueberschuss über die umgebende Temperatur betrug 13°,5.

Wenn die Temperatur sich so rasch verändert, muss man beachten, dass das Thermometer immer etwas hinter der Temperatur des Bades zurückbleibt. Durch vorläufige Versuche, wobei etwas heißes Wasser in das Calorimeter gethan war, und der Umrührer regelmässig functionirte, habe ich ermittelt, dass das Thermometer 3 oder 4 Zehn-telminuten gebraucht, um die Temperatur anzunehmen. Hieraus schloss ich, dass die Temperatur des Bades zur Zeit  $t$  diejenige sey, welche das Thermometer zur Zeit  $t+0,3$  anzeigt. Im obigen Beispiel reducirt sich hienach die Anfangstemperatur auf 203.

Das Manöver der Eintauchung erregt eine kleine Erwärmung, die ich dadurch in Rechnung ziehe, dass ich dieses Manöver wiederhole, während der Gang des Calorimeters verfolgt wird. Die dabei beobachtete Veränderung liefert das Maas dieser Berichtigung.

Ueberdies ist für den eingetauchten Theil der Quecksilbersäule eine Berichtigung erforderlich. Sie geschieht durch die Formel:

$$\frac{n \vartheta}{6300 - n};$$

$n$  ist die Länge des nicht eingetauchten Quecksilbers, gemessen in Graden;  $\vartheta$  der Unterschied zwischen der rohen Temperatur des Bades und der Temperatur des Stiels; endlich  $\frac{1}{6300}$  der Ausdehnungscoefficient des Quecksilbers in Krystallglas. Diese Berichtigung steigt im Allgemeinen nicht über  $\frac{1}{100}$  Grad.

Bei der Vermengungsmethode legt man gewöhnlich viel Werth auf die Bestimmung der Maximum- und Minimum-temperatur. Was man in Wirklichkeit wesentlich kennen muss, ist: die Temperatur des Bades und die des eingetauchten Körpers für einen gegebenen Zeitpunkt; das Maximum hat nur Interesse, weil man durch dessen Bestimmung diese beiden Temperaturen zugleich bestimmt, da sie dann

beinahe zusammenfallen, wenigstens wenn der eingetauchte Körper die Wärme gut leitet und nur klein von Masse ist. Allein dies ist nur ein besonderer Fall und das Verfahren ist mangelhaft, sobald es sich um einen Körper von gewisser Masse und schlechter Leistungsfähigkeit handelt. Da dies im Allgemeinen der Fall mit den von mir angewandten Substanzen war, so richtete ich es so ein, dass ich ihre Temperatur während ihres Eingetauchtseyns kannte, und unterbrach den Versuch, wenn der Unterschied zwischen dieser Temperatur und der des Bades nur einen kleinen Bruchtheil vom Grade betrug. Der Fehler bei diesem Bruchtheil ist ohne Belang. Da ich mich nicht mit dem Maximum oder Minimum zu befassen brauche und dann die Dauer des Versuches willkührlich ist, so warte ich bis das Quecksilber genau auf einem Theilstrich anlangt, um die Endtemperatur zu nehmen, die dadurch mit sehr grosser Genauigkeit bekannt ist. Man macht übrigens, wenn sie stattfindet, die beiden für die Anfangstemperatur angezeigten Berichtigungen.

#### Erwärmung und Erkaltung des Calorimeters.

Das Schwierigste bei der Mengungsmethode, wenn die Versuche eine gewisse Dauer haben, ist die Bestimmung der Wärme, welche das Calorimeter verliert oder von außen gewinnt.

Das Maas dieser Wärme ist  $\int_0^T v dt$ , worin  $T$  die Dauer des Versuchs und  $v$  die Geschwindigkeit der Erwärmung oder Erkaltung, gerechnet in Wärmeeinheiten. Betrachten wir zunächst den Fall der Erkaltung;  $v$  repräsentirt die Zahl der Wärmeeinheiten, welche in einer Minute verloren gingen, wenn der Temperaturüberschuss constant bliebe. Streng genommen hängt  $v$  nicht bloß vom Temperaturüberschuss ab, sondern verändert sich auch mit der Flüssigkeit und den Körpern, die im Calorimeter enthalten sind, mit dem Zustand und den Bewegungen der Luft u. s. w. Wenn aber der Temperaturüberschuss die überwiegende Ursache

bleibt, so werden wir  $v$  bloß in Bezug auf diese Ursache messen, da wir in jeden einzelnen Fall auf die secundären Ursachen Rücksicht nehmen werden.

Gewöhnlich nimmt man an, dass die Erkaltung eines Calorimeters nach dem Newton'schen Gesetze geschehe, wenigstens wenn der Temperaturüberschuss nicht 10 oder 15 Grad übersteigt. Nach diesem Gesetz würde man haben  $v = Mm\vartheta$ , wo  $M$  das Wasser-Aequivalent des Calorimeters,  $\vartheta$  der Ueberschuss für den betrachteten Zeitpunkt und  $m$  ein constanter Coëfficient, der sich berechnet nach der Formel:

$$m = \frac{1}{t} (\log A - \log B),$$

wo  $t$  die Zeit ist vom Moment, da der Ueberschuss gleich  $A$  war, bis zu dem, wo er  $B$  wurde; die Logarithmen sind hyperbolische.

Allein in Wirklichkeit ist der Gang der Erkaltung nicht so einfach;  $m$  ist nicht constant, die allmäßige Abnahme, die man in diesem Werth beobachtet, so wie der Ueberschuss abnimmt, hinterlässt keinen Zweifel über diese Veränderung, welche etwa 0,2 des ursprünglichen Werths beträgt, wenn der Ueberschuss von 15° auf 3° herabsinkt und die Temperatur der Umgebung 3° ist.

Um hiernach den Wärmeverlust zu berechnen, construire ich die Werthe von  $m$  graphisch, dabei den Ueberschuss zu Abscissen nehmend; ich eliminire die Unregelmässigkeiten, indem ich diese Construction für eine gewisse Zahl von Erkaltungsversuchen vornehme; dann entwerfe ich eine Tafel, welche den Verlust in der Minute für jeden Zehntelgrad des Ueberschusses giebt, diesen Ueberschuss berechnet nach der Formel:

$$v = Mm\vartheta,$$

in welcher ich  $m$  von Grad zu Grad variiren lasse.

Mit den bekannten Gesetzen der Erkaltung durch Strahlung und Luftcontact kann man die Variationen von  $m$  berechnen, und zeigen, dass sie in der That von der Ordnung seyn müssen, welche der Versuch ihnen anweist. Die

Erkaltung durch bloße Strahlung folgt für die in Rede stehenden Temperaturüberschüsse sehr nahe dem Newton'schen Gesetz. Der Wärmeverlust aus dieser Ursache kann also durch  $a\vartheta$  vorgestellt werden; der wegen des Luft-contacts kann es, wenn der Druck constant ist, durch  $b\vartheta^{1,233}$ . Man hat also:

$$v = Mm\vartheta = a\vartheta + b\vartheta^{1,233},$$

woraus:

$$m = \frac{1}{M}(a + b\vartheta^{0,233}).$$

Mithin wächst  $m$  zwar mit  $\vartheta$ , aber langsam, denn sein veränderlicher Theil ist sehr nahe proportional der vierten Wurzel aus dem Temperaturüberschus. Bestimmt man dann die Constanten  $a$  und  $b$  durch zwei Beobachtungen von  $v$ , so erhält man die verschiedenen Werthe von  $m$ .

Wir bemerken, dass für kleine Intervalle der durch die Formel:

$$v = Mm\vartheta = M \frac{d\vartheta}{dt}$$

berechnete Wärmeverlust sehr wenig abweicht von dem direct gemessenen mittleren Verlust, welcher  $\frac{A\vartheta}{At}$  zum Ausdruck hat, wenn  $A\vartheta$  die Temperatursenkung während des Zeitintervalls  $At$  bezeichnet, eine Senkung, die genau der Abnahme des Temperaturüberschusses proportional ist, wenn die Temperatur der Umgebung constant bleibt. So kann man fast gleichgültig die Differenzen für die Differentiale nehmen, wenn  $A\vartheta$  nicht 1 oder 2 Zehntelgrad übersteigt. Indes ist es gut die in diesem Fall zu machende Berichtigung zu berechnen. Da nun:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\vartheta}{t} (\log \vartheta - \log \vartheta')$$

und man hier hat:

$$t = At \text{ und } \vartheta' = \vartheta + A\vartheta,$$

so kommt:

$$v = M \frac{d\vartheta}{dt} = M \frac{A\vartheta}{At} \left\{ 1 + \frac{\vartheta}{A\vartheta} [\log \vartheta - \log (\vartheta + A\vartheta)] \right\}.$$

Wenn also  $A\vartheta = 0^{\circ}, 1$  und  $\vartheta = 1$ , so ist die zu machen-

chende Berichtigung = 0,0536, d. h. wenn der Temperaturüberschuss einen Grad beträgt, muss man dem durch die Temperatursenkung gemessenen Verlust  $M \frac{d\vartheta}{dt}$  fünf Procent hinzufügen, um den Verlust  $M \frac{d\vartheta}{dt}$  zu erhalten, der bei constant gebliebenem Temperaturüberschuss stattgefunden hätte. Für  $\vartheta=2^\circ$  ist die Berichtigung 2,5 Procent, für  $\vartheta=3^\circ$  ist sie 1,7 und endlich für  $\vartheta=4^\circ$  kommt sie auf 1 Procent zurück. Für zwei Abtheilungen meines Thermometers, d. h.  $0^\circ, 23$ , reducirt sich die Berichtigung, sobald  $\vartheta > 6^\circ$  auf 1 Proc., und darüber hinaus bleibt sie nahezu constant. Diese Data liefern die Mittel, schnell und ohne Logarithmen eine Tafel für die Erkaltung des Calorimeters zu entwerfen.

Sie geben auch das Mittel den Fehler zu berichtigen, welchen man beim Messen der Erkaltung begeht, wenn man, wozu man wohl genöthigt ist, das Integral  $\int v dt$  durch eine Summe ersetzt; zugleich überheben sie  $At$  sehr klein zu nehmen, d. h. jeden Augenblick das Thermometer zu beobachten. Gesetzt z. B., man müfste bei einem Erkaltungsvorversuch den Wärmeverlust berechnen, ohne das Aequivalent des Calorimeters zu kennen. Dazu brauchte man nur das Thermometer bei jeder Abtheilung oder bloß von zwei zu zwei zu beobachten, sobald der Ueberschuss grösser als 6 Grad ist; dies giebt 3 oder 4 Minuten für die Intervalle  $At$ . Sobald man hierauf mit der Erkaltungstafel  $\Sigma v At$  berechnet hat, zieht man  $\frac{1}{100}$  von dieser Summe ab, wenn der Ueberschuss über 6 Grad geblieben ist, und wenn er geringer ist, macht man übereinstimmend mit dem Vorhergesetzten analoge Berichtigungen. Hier sind die Berichtigungen subtractiv, weil zwischen zwei Beobachtungen der Unterschied abnehmend ist, während die Tafel ihn constant voraussetzt.

Wenn die Erkaltung sehr rasch ist, wie dies zu Anfang der Versuche geschieht, wo man einen kalten Körper in das Calorimeter bringt, so zeichnet man die Zeit von

5 zu 5 Abtheilungen auf, oder selbst nur von 10 zu 10; man nimmt die mittleren Ueberschüsse und multiplizirt die verflossenen Zeiten mit den diesen mittleren Ueberschüssen entsprechenden Verlusten. Dieses gründet sich darauf, dass die Curve der Temperaturüberschüsse zwischen zwei benachbarten Coordinaten, d. h. für kleine Werthe von  $\Delta t$ , bei nahe eine gerade Linie ist.

Kurz man sieht, wie man mit der Erkaltungstabelle den Verlust des Calorimeters im Allgemeinen berechnen könne; allein bei jeder besonderen Vorrichtung, wenn man mit der Höhe der Flüssigkeit, der Natur derselben, dem Volume der eingetauchten Körper u. s. w. Abänderungen vornimmt, ist es nöthig, eine specielle Tafel zu entwerfen, oder wenigstens, nachdem das Temperaturgleichgewicht hergestellt ist, die Versuche zu verlängern, damit man die Verluste direct messe und sehe, welche Berichtigung man in dem besonderen Fall, in dem man sich befindet, an der Tafel anbringen müsse.

Ich habe nur den Fall der Erkaltung betrachtet; der der Erwärmung wird auf analoge Weise behandelt. Im Allgemeinen kann man, unter Vorbehalt einer Berichtigung, auf den Fall der Erwärmung eine Tafel anwenden, die für die Erkaltung construirt worden war.

#### Specifische Wärme des Eises.

Ich habe die specifische Wärme des Eises auf dreierlei Weise gemessen: 1) durch die Erkaltung, welche Eis von etwa  $-20^{\circ}$  C. in einer Flüssigkeit bewirkt, in der es sich erwärmt, ohne zu schmelzen; — 2) durch das Gewicht des Eises, welches es in Wasser von  $0^{\circ}$  hervorbringt; — 3) Durch die Erkaltung, welche es in einer Wassermasse veranlaßt, die es nach der Erwärmung desselben zu schmelzen im Stande ist.

## Erstes Verfahren. Bloße Erwärmung.

Dies Verfahren, welches das directeste ist, erfordert besondere Umstände. Die Temperatur der Umgebung darf wenig über  $0^\circ$  seyn, damit das Calorimeter, welches sich unterhalb dieser Temperatur befindet, wenig Wärme bei dem Versuch empfange. Vor allem muss die Luft trocken seyn, damit das Calorimeter, wenn es sich einige Grade erkaltet hat, nicht mit Thau beschlage.

Seyen  $M$  das Aequivalent des vollständigen Calorimeters; —  $T$  und  $T'$  seine Temperaturen zu Anfang und Ende; —  $m$  das Gewicht des Eises; —  $c$  dessen specifisches Gewicht; —  $t$  und  $t'$  dessen Temperaturen zu Anfang und Ende; —  $\mu$  das Aequivalent des Gefäßes, welches das Eis enthält; und  $a$  die während des Versuchs empfangene Wärme.

Die von dem Eise und dem dasselbe einschließende Gefäß empfangene Wärme ist gleich der dem Calorimeter fehlenden, plus der von außen hinzugekommenen. Man hat also:

$$(mc + \mu)(t' - t) = M(T - T') + a,$$

woraus:

$$c = \frac{M(T - T') + a}{m(t' - t)} - \frac{\mu}{m}.$$

Wie  $T$ ,  $T'$ ,  $a$  und  $M = PC + \nu$  bestimmt werden, habe ich bei Beschreibung des Calorimeters gesagt.

Um vom Eise ein wohl bekanntes Gewicht zu haben, lasse ich destillirtes Wasser gefrieren in einer cylindrischen Flasche von dünnem Messingblech Fig. 12, Taf. II, die mehr als 130 Grm. Eis fasst, obwohl ihr Aequivalent kaum 2 Grm. Wasser beträgt. In der Axe des Eiscylinders befindet sich ein Thermometer mit langem Behälter, dessen Aequivalent, für den eingetauchten Theil, mit in  $\mu$  begriffen ist. Ich ließ Wasser mit der gehörigen Vorsicht gefrieren, und versicherte mich, dass der Nullpunkt des Thermometers sich nicht durch die Zusammendrückung geändert habe.

Die Flasche ist in einem Besteck von dünnem Messingblech enthalten, und dieses verschlossen durch einen Ppropf, welches das Thermometer durchlässt, Fig. 13.

Dieses Besteck, getragen von drei sehr dünnen Füßen, steht in einem Erkaltungsapparat, Fig. 14, Taf. II, gebildet von drei einander einschliessenden Weisblechgefäßen. Das innere Gefäß enthält das Kältegemisch, in welches das Besteck mit der Flasche versenkt wird; das mittlere Gefäß bildet eine Hülle von isolirender Luft; und das äussere Gefäß enthält Eis, wenn die Temperatur der Umgebung eine höhere ist. Das Ganze ist verschlossen durch einen verdoppelten Deckel, welcher in das innere Gefäß eingreift und gleichfalls mit dem Kältegemisch gefüllt ist. Dieser Deckel hat drei Tubulaturen, eine für das Thermometer des Kältegemisches, eine für das Thermometer des Eises und eine für den Umrührer.

Als Kältegemisch wende ich meistens das von Kochsalz und gestoßenem Eise an. Wendet man in dem obigen Apparat ein *recht trocknes* Gemisch von 2 Pfund Eis und Salz an, so hat man drei Stunden hindurch eine feste Temperatur von  $-21^{\circ}3$  C., selbst wenn die umgebende Temperatur einige Grade über Null ist. Die Temperatur von  $-21^{\circ}3$  C. ist die niedrigste, die man mit diesem Gemisch erlangen kann, denn ich habe mich versichert, dass es der Schmelz- und Gefrierpunkt des mit Kochsalz gesättigten Wassers ist.

Nach etwa zwei Stunden herrscht zwischen den Angaben  $\tau$  und  $\tau'$  der Thermometer des Eises und des Gemenges nur ein Unterschied von 0,2 bis 0,3 Grad. Dann nehme ich  $t = \tau - 0,6(\tau - \tau')$  als Mitteltemperatur des Eises. Dieses stützt sich darauf, dass, wenn die Temperaturveränderung beinahe dem Abstand von der Axe proportional ist, die Mitteltemperatur des Cylinders diejenige seyn muss, welche, von der Axe aus, bei 0,7 des Radius stattfindet oder bloß bei 0,6 wegen der aus der Flasche und dem Besteck gebildeten Doppelhülle.

Sobald man durch vorläufige Versuche den vergleichenden Gang der Thermometer in dem Eise und dem Gemische kennt, kann man das in dem Eise fortlassen, was den Werth von  $\mu$  vereinfacht.

Die Endtemperatur  $t'$  des Eises in dem Calorimeter be-

stimmt sich durch denselben Proces, jedoch mit dem Coefficient 0,7, weil hier kein Besteck vorhanden ist. Uebrigens steigt hier der Unterschied zwischen dem Thermometer des Eises und dem des Bades nicht auf 0,1 Grad.

Die von der Fläche während des Eintauchens, das höchstens drei Secunden dauert, erlangte Wärme, kann auf 6 Einheiten geschätzt werden. Denn da die Oberfläche der Flasche 0,26 von der des Calorimeters ist, so wird die Flasche etwa 0,013 von dem aufnehmen, was der Calorimeter in einer Minute aufnimmt. Dies macht 1,4 Wärme-Einheiten, da der Temperaturunterschied hier  $20^{\circ}$  ist. Durch Versuche habe ich gefunden, dass die Flasche etwa 1 Milligramm Wasserdampf in der Secunde condensirte; dies macht 1,6 oder im Ganzen 3 Wärmeeinheiten. Allein wegen der Bewegung verdopple ich diese Zahl. Vermöge des Gewichts des Eises beträgt die aus diesen 6 Wärmeeinheiten entstehende Temperaturerhöhung höchstens 0,1 Grad, und dies vergrössert den Werth von  $c$  um ein balbes Hundertel; wir werden indefs diese Berichtigung nur an dem Mittel anbringen.

Hier nun die Tafel von fünf Versuchen, angestellt die beiden ersten mit *Terpenthinöl*, die drei anderen mit hinreichend gesalzenem Wasser, damit es bei der Endtemperatur nicht gefriere. Weiterhin wird man sehen, wie die specifische Wärme beider Flüssigkeiten bestimmt wurde.

Specifische Wärme des Eises durch Erwärmung im Terpenthinöl und Salzwasser.

	I.	II.	III.	IV.	V.
<i>P</i>	914 grm., 5	924,3	1112,6	1114,2	1120,9
<i>C</i>	0w,416 <sup>1)</sup>	0,416	0,950	0,950	0,950
<i>r.</i>	16 grm., 7	16,7	16,7	16,7	16,7
<i>T.</i>	2°,623	2,377	0,175	— 0,081	0,728
<i>T'</i>	— 0°,721	— 0,967	— 1,213	— 1,377	— 0,623
<i>a</i>	98 w, 5	86,6	55	6	6
<i>m</i>	133 grm., 5	133,5	133,6	133,6	133,5
<i>t</i>	— 20°,8	— 21,2	— 21,1	— 21,2	— 21,25
<i>t'</i>	— 0°,8	— 1,1	— 1,3	— 1,4	— 0,65
<i>μ</i>	4 grm., 6	4,6	4,6	4,6	4,6
<i>c</i>	0w,499	0,495	0,508	0,495	0,499
Dauer	9',8	10,4	12,5	22,8	22,7
Umgeb. Temp.	1°,8	1,1	— 2,2	— 1,2	— 0,4

1) Das *w* bedeutet Wärmeeinheiten (*calories*).

Im Mittel geben diese Versuche 0,4992 für die spezifische Wärme des Eises zwischen  $-1^{\circ}$  und  $-21^{\circ}$  C. Ein halbes Hundertel ist diesem Werthe hinzuzufügen, um die Wärme in Rechnung zu ziehen, die während der Operation des Eintauchens aufgenommen ward. Dieses gibt:

$$c = 0,5017.$$

Das Salzwasser enthielt 67<sup>grm</sup>,5 Kochsalz auf 1000 Grm. Wasser. Seinen Gefrierpunkt fand ich bei  $-3^{\circ},7$  C.; durch Ueberschmelzung sank er weit tiefer, aber er stieg wieder auf diesen Punkt als man durch Bewegung des Thermometers das Gefrieren veranlaste. Die spezifische Wärme desselben zwischen  $+2^{\circ}$  und  $-2^{\circ}$  C. wurde gemessen, indem man eine mit reinem Wasser gefüllte Flasche von Messingblech bei einer bekannten Temperatur in das Calorimeter brachte.

Die vom Salzwasser und Calorimeter aufgenommene Wärme ist gleich der von dem Wasser und der Flasche abgegebenen Wärme plus der von außen gekommenen Wärme. Man hat also:

$$(PC + \nu)(T' - T) = (m + \mu)(t - t') + a,$$

woraus:

$$c = \frac{(m + \mu)(t - t') + a}{P(T' - T)} - \frac{\nu}{P}.$$

Die spezifische Wärme des Terpenthinöls wurde durch denselben Proceß bestimmt. Folgendes sind die mit beiden Flüssigkeiten angestellten Versuche.

#### Spezifische Wärme in der Nähe von Null.

Rectif. Terpenthinöl.		Data des Versuchs.	Wasser 100 : Kochsalz 6,75.	
I.	II.		I.	II.
145,4	145,3	<i>m</i>	146,05	147
4	4	$\mu$	4	4
21,17	21,2	<i>t</i>	20,8	21,7
5,49	4,5	$t'$	0,4	2,6
— 223,3	— 172,5	<i>a</i>	— 101	— 137
928,6	937,2	<i>P</i>	1093,9	1120,5
0,063	— 1,312	<i>T</i>	0,381	2,380
5,345	4,361	$T'$	— 2,422	— 0,172
16,7	16,7	$\nu$	16,7	16,7
0,4143	0,4178	<i>C</i>	0,9498	0,9458
40'	42'	Dauer	21'	16,9
3,6	3,1	Umgeb. Temp.	— 1,7	— 0,15

Hiernach nehme ich  $C=0,416$  als specifische Wärme des Terpenthinöls bei etwa  $+2^\circ$ .

Was das Salzwasser betrifft, so giebt das Mittel aus den beiden Versuchen  $C=0,9478$ . Nun ist die mittlere specifische Wärme des Kochsalzes und Wassers nach Regnault's Bestimmungen des Kochsalzes:

$$\frac{mc + m'c'}{m + m'} = \frac{100 + 6,75 \times 0,214}{106,75} = 0,950,$$

also ziemlich identisch mit dem Ergebniss der obigen Versuche. Hiernach nehme ich  $C=0,950$  an.

#### Zweites Verfahren. — Erwärmung durch Gefrieren des Wassers.

Dieses zuerst von Clément und Désormes angewandte Verfahren besteht darin, dass man das zuvor erkaltete Eis in Wasser von Nullgrad taucht und die specifische Wärme aus dem Gewicht des gebildeten Eises herleitet.

Es seyen:  $M$  das Gewicht des angewandten Eises;  $-t$ ,  $T$  seine Temperatur zu Anfang und Ende;  $-c$  seine specifische Wärme;  $-\mu$  das Aequivalent des dasselbe enthaltenden Gefäßes;  $-m$  das Gewicht des gebildeten Eises.

Die von dem Eise und dem dasselbe enthaltenden Gefäß aufgenommene Wärme ist gleich der latenten Wärme des gebildeten Eises. Man hat also:

$$(Mc + \mu)(T - t) = 79,25 m,$$

woraus:

$$c = \frac{79,25 m}{M(T - t)} - \frac{\mu}{M}.$$

Ich operirte wie zuvor mit einem Eisylinder in einer sehr dünnen Messinghülle;  $M$ ,  $T$ ,  $t$  und  $\mu$  wurde wie erwähnt bestimmt. Was  $m$  betrifft, so wurde es hergeleitet aus der Gewichtsvermehrung der entweder abgetropften oder abgewischten Flasche. Das Wasser von  $0^\circ$  befand sich in dem mittleren Gefäß des Erkaltungsapparats, dessen inneres Gefäß man fortgenommen hatte. Die äusseren Hülle und der Deckel enthielten zerstoßenes Eis, so dass ein vollständiger Umschluss von  $0^\circ$  vorhanden war, bis auf

die engen, die Thermometer durchlassenden Tubulaturen und einen Draht, an welchem die Flasche mitten in der Wassermasse hing.

Nach verschiedenen Proben zur Abänderung dieses Verfahrens erkannte ich, daß es sehr mangelhaft ist, was die folgenden Versuche wohl erweisen werden.

No. des Versuchs.	M.	m.	t.	T.	$\mu$ .	c.	Dauer.
1	80	18,2	-26,4	-0,2	7	0,6	12'
2	129	35	-34	-0,2	4,5	0,6	26'
3	135	29	-25	-0,2	3,5	0,668	38'
4	137,4	56,9	-32,4	-0,2	4	0,984	4 <sup>h</sup>
5	141,3	66,7	-20,2	-0,2	2,1	1,842	26h

Man sieht, der Werth von  $c$  ist desto beträchtlicher, je länger man die Eintauchung fortgesetzt hat; man ist also zu der Annahme genöthigt, *dafs unbegränzt Eis gebildet werde*. Es scheint, die durch diese Bildung entwickelte Wärme gehe mittelst des Wassers zu dem Eise über, welches die Hülle ausmacht. Ich habe mich übrigens versichert, daß die Gewichtsvermehrung nicht von einer blosen Tränkung des die Flasche bekleidenden Eises herrührt. Dieses Eis erfordert beinahe 79 Wärmeeinheiten zum Schmelzen.

Hr. Regnault, mit dem ich über diese unbegränzte Eisbildung sprach, sagte mir, man müßte dieses Phänomen dem an die Seite stellen, welches in einer gesättigten Salzlösung vorgeht, wo man die großen Krystalle sich auf Kosten der kleineren vergrößern sieht.

Clément und Désormes setzten die Eintauchung zwei Stunden lang fort. Ihre Versuche gaben  $c=0,78$ , ein viel zu großes Resultat.

#### Drittes Verfahren. — Erwärmung und Schmelzung.

Bei diesem Verfahren wird das zuvor erkaltete Eis mit einer Wassermasse in Beziehung gesetzt, die es nicht allein zu erwärmen, sondern auch zu schmelzen vermag.

Behalten wir die beim ersten Verfahren gebrauchten

Bezeichnungen bei, und bezeichnen mit  $l = 79,25$  die zum Schmelzen des Eises erforderliche Wärme, so haben wir:

$$-mct + ml + mt' + \mu(t' - t) = M(T - T') + a,$$

woraus:

$$c = \frac{M(T - T') + a - \mu(t' - t) - m(t + t')}{-mt}.$$

Die Versuche wurden wie beim ersten Verfahren ange stellt, nur dass das Calorimeter reines Wasser enthielt.

**Specifiche Wärme des Eises durch Erwärmung und Schmelzung.**

	I.	II.	III.	IV.	V.
<b>M</b>	1000	983,3	1083,3	1083,3	966
<b>T</b>	20,756	21,786	20,524	18,130	15,39
<b>T'</b>	6,859	7,309	12,993	5,857	2,30
<b>a</b>	— 360	— 623	— 921,6	28,4	— 36,6
<b>m</b>	139,54	140	70,3	140,3	137
<b>t</b>	— 21,08	— 19,7	— 19,8	— 19,7	— 20
<b>t'</b>	6,75	7,3	13	5,8	2,30
<b><math>\mu</math></b>	2	1,9	1,8	1,9	2,7
<b>c</b>	0,503	0,523	0,497	0,486	0,502
Dauer . . . .	63'	78'	26'	55'	4,5
Umgeb. Temp.	7°,3	7°,3	8°	7°,8	5°,6

Der letzte Versuch wurde mit Schnee angestellt, in einem Metallkorb, der als Umrührer diente. Die Temperatur des Schnees im Kühlapparat war durch zwei Thermometer gegeben, einem in der Mitte der Masse, und einem nahe an ihrer Oberfläche. Der Unterschied im Moment des Eintauchens betrug 0°,4; man nahm das Mittel. Bei den übrigen Versuchen wurde die Anfangstemperatur des Eises aus der Kältemischung hergeleitet, und zwar nach der beim ersten Verfahren angezeigten Regel. Was die Endtemperatur betrifft, so wurde sie durch ein Thermometer angegeben, welches man erst am Schlusse des Versuchs, als das Temperaturgleichgewicht beinahe hergestellt war, in die Flasche gesteckt hatte.

Das Mittel aus fünf Versuchen ist 0,5022, oder 0,5057, wenn man, wie gesagt, die während des Eintauchens auf genommene Wärme in Rechnung zieht. Das erste Ver-

fahren gab 0,5017. Ich nehme  $C=0,504$  als Mittel bei der Verfahrensarten.

Die latente Schmelzwärme einer selben Substanz ist nicht constant.

Wir sind nun im Stande die Constante  $n$  der Formel  $(n+t)\delta=1$

zu bestimmen und wollen es thun. Die specifische Wärme des flüssigen Wassers ist  $C=1$ . Für das Eis fanden wir so eben  $c=0,504$ ; daraus ist  $\delta=C-c=0,496$  und folglich  $n=159,8$ , weil hier  $t=0$ . Die Formel wird also:

$$(160+t)\delta=1.$$

Ehe wir sehen, ob diese Formel die latente Wärme anderer Substanzen als Wasser gebe, wollen wir zeigen, dass die latente Wärme des Wassers variabel ist, und diese variable Wärme durch die obige Formel gegeben wird.

Aus den Versuchen der HH. de la Provostaye und Desains und aus den bekannten Principien der latenten Wärme folgt, dass 1 Kilogramm Wasser bei Nullgrad 79,25 Wärmeeinheiten entbindet, wenn es erstarrt. Ich sage nun, wenn die Erstarrung bei einer niedrigeren Temperatur geschieht, so ist die entwickelte Wärme geringer. Betrachten wir nämlich 1 Kilogramm Eis bei  $-10^\circ$  C.; um es auf  $0^\circ$  zu erheben, müssen wir ihm 5 Wärmeeinheiten geben, weil die specifische Wärme des Eises beinahe 0,5 ist. Um es hierauf zu schmelzen, bedarf man 79,2 Wärmeeinheiten, im Ganzen 84,2. Führen wir nun diese Wassermasse auf ihren ursprünglichen Eiszustand von  $-10^\circ$  zurück; dazu hat man ihm, welchen Gang man auch einschlage, 84,2 Wärmeeinheiten zu nehmen. Erkalten wir nun dieses Wasser mit der nöthigen Vorsicht, so sinkt es auf  $-10^\circ$ , ohne zu erstarrten, und während dieser Temperatursenkung verliert es 10 Wärmeeinheiten. Mithin kann es durch den Act der Erstarrung nicht mehr als 74,2 verlieren, und dies ist die latente Wärme des flüssigen Wassers bei  $-10^\circ$  C., sehr verschieden von 79,2, der latenten Wärme bei  $0^\circ$ .

Im Allgemeinen: ist  $\delta$  der Unterschied der specificischen Wärmen des Wassers und des Eises, so wird die latente Wärme des flüssigen Wassers bei  $-t^{\circ}$  gegeben durch die Formel:

$$79,25 - t\delta = l,$$

welche, wie man sieht, in die allgemeine Formel eintritt, wenn man schreibt:

$$\left( \frac{79,25}{\delta} + t \right) \delta = l.$$

Denn  $t$  nimmt das Zeichen an, welches die Frage verlangt.

Man erblickt hier einen physischen Sinn der Constante; allein für den Augenblick sagen wir nur, dass die Formel die latente Wärme des Wassers variabel giebt für die verschiedenen Temperaturen, bei denen die Gestarrung geschehen kann.

Bei allem diesem nahm ich implicite an, dass das Wasser, so lange es flüssig bleibt, auch dieselbe specifiche Wärme behalte, oder wenigstens nicht die des Eises annehme. Eine solche Aenderung der specificischen Wärme, ohne Aenderung des Aggregatzustandes, wäre auch gegen alle Analogien. Indes da mich Hr. Pouillet aufgefordert, hierüber keinen Zweifel übrig zu lassen, so habe ich die folgenden Versuche angestellt.

Ich füllte ein langhälziges Glaskölbchen, das 30 oder 40 Grm. fassen konnte, mit destillirtem Wasser, befestigte in der Mitte desselben ein Thermometer, und nachdem ich durch Kochen die Lust ausgetrieben, fügte ich eine Schicht Leinöl hinzu, brachte das Ganze in den Kühlapparat, und zwar in dessen inneres Gefäß, welches leer war, während das Kältegemisch sich in dem mittleren Gefäß befand. Auf diese Weise befand sich das Wasser schwebend in einem Raume, dessen Temperatur unter Null war, und in dem es langsam erkaltete. Man kann das Erkalten noch mehr verlangsamen, wenn man dem Kölbchen eine Umhüllung giebt oder auch den Deckel fortlässt. Wenn das Thermometer nicht mehr als einige Grade über Null angiebt, folge ich dem Gang der Erkaltung mit einem Fernrohr und einem

**Chronograph.** Hier den Gang zweier Versuche. Die angegebenen Zeiten sind die, welche das Thermometer zum Durchsinken einer Abtheilung gebrauchte. Der Nullpunkt dieses Thermometers liege auf 204,5. Eine Abtheilung ist  $= 0^{\circ},407$ .

Thermometer No. 23.	I.	II.	Thermometer No. 23.	I.	II.
210	28"	70"	200	42	92
209	33	70	199	42	91
208	33	71	198	42	92
207	35	74	197	47	100
206	36	76	196	45	96
205	35	74	195	54	101
204	38	77	194	54	103
203	39	81	193	54	109
202	39	82	192	54	109
201	41	83			

In diesen beiden Versuchen sieht man durchaus nichts besonderes beim Durchgang durch den Nullpunkt; offenbar müsste aber, wenn dort die specifische Wärme des Wassers der des Eises gleich würde, eine Beschleunigung in der Erkaltung eintreten, und dies geschieht nicht.

In dem Versuch I fand die Gefrierung zwischen 195 und 194, d. h. bei  $-4^{\circ}$ , statt; im Versuch II, wo zur Verlangsamung der Erkaltung eine Hülle vorhanden war, sank das Thermometer, von 191,5 an, plötzlich um  $0^{\circ},3$ , und darauf stieg es in einem Augenblick auf 204,5. Der niedrigste Punkt war also  $-5^{\circ},4$  C., durch eine langsamere Erkaltung kam ich schon auf  $-7^{\circ},2$  C. Hr. Despretz hat gezeigt, daß man zu einem noch tieferen Punkt gelangen kann; hier war das Wasser schlecht von Luft befreit.

Das Wichtigste ist: daß der Erkaltungsgang beim Durchgang durch den Nullpunkt keine Änderung erleidet, und daraus ist man berechtigt zu schließen, wenigstens wenn man nicht in unwahrscheinliche Voraussetzungen fallen will, daß auch die specifische Wärme ungeändert bleibt.

Dieser Schluß wird bestätigt durch die vorhin gemachte Messung der specifischen Wärme des Salzwassers; wir fanden sie zwischen  $0^{\circ}$  und  $-2^{\circ}$  gleich 0,950, und zwischen

0° und +2° gleich 0,946, d. h. unter und über Null beinahe gleich. Da nun diese specifische Wärme genau die des Wassers und des Salzes einzeln genommen ist, so sieht man, daß das Wasser, wenn es unter Null im flüssigen Zustande bleibt, auch seine specifische Wärme behält.

Ohne für jetzt zu untersuchen, bis wie weit die Constanze der specifischen Wärme sich erstrecke, können wir behaupten, daß die latente Schmelzwärme, deren Unveränderlichkeit man bisher nicht in Zweifel gezogen hat, für einen und denselben Körper veränderlich ist, je nach der Temperatur, bei welcher die Aenderung des Aggregatzustands vor sich geht. Bezeichnet man diese veränderliche Gröfse mit  $l$ , den Unterschied der specifischen Wärmen im starren und flüssigen Zustande mit  $\delta$ , und die Temperatur, bis zu welcher der Körper bei der anfangenden Erstarrung herabgesunken ist, mit  $t$ , so hat man, wenigstens für das Wasser:

$$(160 + t)\delta = l.$$

(Schluß im nächsten Heft.)

## VII. Ueber das specifische Gewicht der Thonerde, Beryllerde, Magnesia und des Eisenoxyds;

von Heinrich Rose.

Die auffallenden Resultate, welche ich bei den früheren Bestimmungen über die Dichtigkeit der Titansäure, so wie bei den späteren über die der Niob-, Pelop-, und Tantalsäure erhalten hatte, wenn ich diese metallischen Säuren verschiedenen Temperaturen aussetzte, bei denen sie aber ihren Aggregatzustand nicht veränderten, veranlaßten mich, noch andere Oxyde ähnlichen Versuchen zu unterwerfen. Ich wünschte diese Untersuchungen noch zu vervielfältigen, aber anderweitige Beschäftigungen erlaubten es mir nicht, in der nächsten Zeit sie wieder aufzunehmen.

## T h o n e r d e .

Wenige Oxyde bieten so viele Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Dichtigkeit dar, wie die künstlich bereitete Thonerde. Die Schwierigkeiten beruhen vorzüglich darauf, dass Quantitäten von einigen Grammen sehr schwer zu wägen sind. Wenn eine selbst ziemlich stark geglühte künstlich bereitete Thonerde nach dem völligen Erkalten mit Wasser übergossen wird, so erwärmt sie sich bedeutend. Sie scheint ein Hydrat zu bilden, und wenn man sie daher unter Wasser wägt, so wird durch Vergleichung des Gewichts unter Wasser mit dem Gewicht der Thonerde in der Luft wahrscheinlich nicht das richtige Gewicht der Menge des verdrängten Wassers erhalten. Die meisten Bestimmungen des spec. Gewichts der Thonerde können daher nicht unbedingt richtig seyn.

Die künstlich bereitete Thonerde muss lange und anhaltend über der Spirituslampe geglüht werden, wenn man ein nur einigermaßen constantes Gewicht erhalten will. 4,156 Grm. einer solchen Thonerde von sehr reiner Beschaffenheit zeigten ein spec. Gewicht von 3,87 bis 3,899. Die Erwärmung dieser Thonerde mit Wasser war sehr bedeutend. Eine krystallinische Form konnte unter dem Mikroskope bei der Thonerde nicht bemerkt werden.

Dieselbe Thonerde wurde einem sechsstündigen Kohlenfeuer in einem gut ziehenden Windofen unterworfen. Sie hatte dadurch einige Milligramme am Gewicht abgenommen, doch konnte dies mit großer Gewissheit nicht behauptet werden, da auch diese Thonerde, wie die, blos über der Spirituslampe geglühte, mit gehöriger Genauigkeit nicht gewogen werden konnte.

3,908 Grm. zeigten ein spec. Gewicht, das zwischen 3,750 bis 3,725 schwankte.

Die Thonerde also, welche dem Kohlenfeuer ausgesetzt worden war, hatte eine geringere Dichtigkeit, als die nur über der Spirituslampe geglühte. Aber alle diese Bestimmungen sind schwankend, nicht nur weil das absolute Ge-

wicht der Thonerde nicht mit grosser Genauigkeit bestimmt werden konnte, sondern auch weil selbst die durch Kohlenfeuer gebrachte Erde sich noch stark erwärmt, als sie mit Wasser angerührt wurde.

Die Thonerde wurde darauf dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt. Sie nahm dadurch bedeutend an Volumen ab, war aber nicht zusammengesintert. Unter dem Mikroskop konnte in ihr bei oft wiederholten Untersuchungen eine krystallinische Structur nicht wahrgenommen werden, wenigstens nicht deutlich.

Auch Hr. Ehrenberg, der auf meine Bitte diese Thonerde einer mikroskopischen Untersuchung unterwarf, konnte keine Krystalle in ihr erkennen. Als er sie indessen im polarisirten Lichte mit dem Mikroscope untersuchte, zeigte sie Farben, die allerdings auf eine krystallinische Structur schließen lassen.

Als diese Thonerde mit Wasser angerührt wurde, so wurde dadurch keine Wärme entwickelt; auch konnte das absolute Gewicht mit grosser Genauigkeit genommen werden, so dass also die genaue Bestimmung des spec. Gewichts keine Schwierigkeiten hatte.

3,797 Grm. zeigten das spec. Gewicht von 3,999.

Es ist Ebelmann und Gaudin geblieben, die Thonerde zu schmelzen und zu krystallisiren. Die Krystalle haben die Form des Corunds; das spec. Gewicht derselben ist aber nicht bestimmt worden.

Das spec. Gewicht der künstlich bereiteten und in der Natur vorkommenden reinen Thonerde wird verschieden angegeben. Nur nach Mohs und Breithaupt ist die Dichtigkeit des Corunds ähnlich der, wie ich sie bei der im Porcellanofen gebrachten Thonerde gefunden habe, nämlich 3,944 und 4,009. Nach Royer und Dumas ist das spec. Gewicht der Thonerde nach heftigem Glühen bei 4° im luftleeren Raume 4,152. Nach Brisson und Mussenbroeck aber ist das spec. Gewicht des Rubins und Sapphirs bedeutend leichter, nämlich 3,531 und 3,562 <sup>1)</sup>.

1) Gmelin's Handbuch der Chemie, Bd. 2, S. 292.

Graf Schaffgotsch hat über das spec. Gewicht der in der Natur vorkommenden Thonerde eine Reihe von sehr genauen Untersuchungen angestellt, welche er mir mittheilt hat.

- 1) Ein Corundkrystall aus China von 26,311 Grm., von röthlichgrauer Farbe, zeigte das spec. Gewicht von 3,899 bei 15°,5 R.
- 2) Ein anderer Corundkrystall, eben daher, von 47,7135 Grm. graulichweiss, zeigte das spec. Gewicht von 3,929.

Beide Krystalle waren sichtlich durch Glimmer verunreinigt, konnten auch Höhlungen enthalten, woher wohl die niedrige Dichtigkeit herzuleiten ist.

- 3) Ein anderer Corundkrystall aus China von 12,103 Grm., von bräunlichgrauer Farbe, zeigte das spec. Gewicht von 3,974.

4) Ein Sapphir von Ceylon, achteckig geschliffen, durchsichtig, von schöner blauer Farbe, hatte das spec. Gewicht von 3,9998.

5) Ein Sapphir von Ceylon, oval geschliffen, durchsichtig und von blafs blauer Farbe, zeigte das spec. Gewicht von 4,0001.

6) Neun Rubine, auf verschiedene Weise geschliffen, durchsichtig von schön rother Farbe, hatten das spec. Gewicht von 3,994.

7) Der Corund vom Versuch 3) wurde im Stahlmörser zerkleinert, gesiebt und durch Digestion mit Chlorwasserstoffssäure gereinigt. Das ungeglühte Pulver zeigte das spec. Gewicht von 4,0067 bei 14° R.

8) Dasselbe Pulver wurde über der Spirituslampe während  $3\frac{1}{2}$  Stunden heftig geäglüht. Es zeigte das spec. Gewicht 3,989.

9) Von demselben Pulver wurde das spec. Gewicht in einem Gläsfläschchen nach Klaproth's Methode genommen. Dasselbe zeigte sich 4,008 bei 13°,5 R.

Die Resultate der Versuche, welche Graf Schaffgotsch über die Dichtigkeit der in der Natur vorkommenden Thonerde erhalten hat, stimmen, wie man sieht, vollkommen

mit

mit dem überein, das ich von der künstlich dargestellten Thonerde, welche der Hitze des Porcellanofens ausgesetzt gewesen war, erhalten hatte. Ob die Dichtigkeit der Thonerde grösser wird, wenn sie einem noch höheren Wärmegrade ausgesetzt wird, wie dies aus den Versuchen von Royer und Dumas sich zu ergeben scheint, lasse ich unentschieden, da mir das Feuer des Porcellanofens der höchste Wärmegrad zu seyn scheint, welchem man Substanzen in nicht zu kleinen Mengen in Platintiegeln aussetzen kann.

Nach Berzelius ist das Atomgewicht der Thonerde 641,8. Nimmt man das specifische Gewicht der Thonerde zu 4 an, so ist das Atomvolum der Thonerde nach dieser Dichtigkeit 160,45.

#### Beryllerde. \*\*

Die Beryllerde war aus der Auflösung in kohlensaurem Ammoniak durch Erhitzung als basisch kohlensaure Beryllerde gefällt worden. Diese bildet ein leichtes Pulver, das bei der mikroskopischen Besichtigung sich unkrystallinisch, wenigstens sehr zweifelhaft krystallinisch, erwies. Es löste sich unter nicht sehr bedeutender Kohlensäuregasentwicklung langsam in Chlorwasserstoffsäure zu einer klaren Flüssigkeit auf.

Nach dem Glühen über der Spirituslampe bildet die Beryllerde ein lockeres Pulver, lockerer als gebrannte Magnesia, das, unter dem Mikroskop besichtigt, sich unkrystallinisch zeigte. Mit Wasser angerührt, erzeugt sie keine Wärme, wie die Thonerde unter ähnlichen Umständen. In Chlorwasserstoffsäure ist sie sehr schwerlöslich, und in der Kälte fast gar nicht löslich.

Wegen der grossen Lockerheit des Pulvers konnte man das spec. Gewicht deshalb nicht mit der grössten Sicherheit bestimmen, weil man nur kleine Mengen zur Bestimmung des selben anwenden konnte. Bei Anwendung von 0,998 Grm. zeigte sich das spec. Gewicht zwischen 3,090 und 3,083 schwankend.

Die Beryllerde von dieser Lockerheit wurde dem Feuer  
Poggendorff's Annal. Bd. LXXIV.

des Porcellanofens ausgesetzt. Sie war dadurch in eine zusammengebackene Masse verwandelt worden, die ein äusserst geringes Volum einnahm, sich aber leicht im Agatmörser zerdrücken ließ. Unter dem Mikroskop besichtigt, bestand sie aus lauter schönen ausgebildeten Krystallen, welche sechsseitige Prismen bildeten, und wie es nach der Meinung meines Bruders schien reguläre, wie sie der Corund zeigt.

3,365 Grm. zeigten das spec. Gewicht von 3,021 bei 9° C.

Es musste mir in der That eine sehr auffallende Erscheinung seyn, dass das überaus lockere Pulver der schwach gebrühten Beryllerde eine grössere Dichtigkeit zeigte, als die im Porcellanofen gebrühte, welche gegen jene ein scheinbar weit geringeres Volumen einnahm. Ich habe zwar bei der Vergleichung des spec. Gewichts von Substanzen, die verschiedenen Wärmegraden ausgesetzt worden waren, ähnliche Bemerkungen zu machen Gelegenheit gehabt, nie aber war der Contrast des scheinbaren Volums mit dem wirklichen grösser als bei dieser schwach und stark gebrühten Beryllerde. Nur die grössere Dichtigkeit der minder stark gebrannten Porcellanmasse gegen die der stark gebrannten, die durch Brennen stark geschwunden ist und ein geringeres Volum einnimmt, aber dennoch nach den Versuchen von Malaguti und meinem Bruder ein geringeres spec. Gewicht zeigt <sup>1)</sup> ), kann noch auffallender seyn.

Da wegen der grossen Lockerheit der angewandten schwach gebrühten Beryllerde Zweifel bei mir wegen der Richtigkeit der Dichtigkeitsbestimmung entstanden, so untersuchte ich das spec. Gewicht einer Beryllerde, die aus der chlorwasserstoffsauren Auflösung vermittelst Ammoniaks gefällt worden war. Diese nahm nach dem Glühen über der Spirituslampe ein weit geringeres Volumen ein, als jene lockere Erde. Sie zeigte im Aeußern viel Aehnlichkeit mit der auf gleiche Weise dargestellten Thonerde, erschien auch unter dem Mikroskope, wie jene, als durchscheinende Massen, die durchaus nichts von krystallinischer Structur zeig-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 66, S. 97.

ten, erwärme sich aber nicht, wenn sie mit Wasser angerührt wurde.

1,6455 Grm. dieser Beryllerde zeigten das spec. Gewicht von 3,096 bei 12° C.

Dieses spec. Gewicht stimmt mit dem des so lockeren Pulvers genauer überein, als ich es erwarten konnte.

Diese durch Ammoniak gefällte Beryllerde wurde dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt. Sie war dadurch nicht so zusammengesintert, wie die aus der kohlensauren Beryllerde dargestellte und im Porcellanofen gebrühte Erde. Unter dem Mikroskope zeigte sie sich krystallinisch, wie diese, nur waren die Krystalle feiner.

1,853 Grm. dieser Erde zeigten das spec. Gewicht von 3,027 bei 11° C. Die im Porcellanofen gebrühte Beryllerde hat daher immer dieselbe Dichtigkeit und krystallinische Structur, wenn sie auch auf verschiedene Weise dargestellt worden ist.

Nach Ekeberg<sup>1)</sup> ist das spec. Gewicht der Beryllerde 2,967; also etwas leichter, als ich es gefunden habe.

Da die im Porcellanofen gebrühte Thonerde unter dem Mikroskope sich, wenn auch nicht so deutlich, wie die im Porcellanofen gebrühte Beryllerde, krystallinisch zeigte, und beide derselben hohen, lange anhaltenden Temperatur ausgesetzt worden waren, so kann man annehmen, dass beide dadurch einen analogen Dichtigkeitszustand erhalten haben. Es wird dies um so wahrscheinlicher, als die im Porcellanofen gebrühte Beryllerde dieselbe Krystallform wie der Corund zu haben scheint, dessen Dichtigkeit mit der der im Porcellanofen gebrühten Thonerde übereinkommt.

Nach den neueren Untersuchungen von Afdéef war es zweifelhaft geworden, welche atomistische Zusammensetzung man der Beryllerde geben soll. Man hatte früher, wegen ihrer Ähnlichkeit mit der Thonerde nach Berzelius angenommen, dass sie wie diese aus zwei Atomen Metall und drei Atomen Sauerstoff bestände. Aber schon nachdem v. Kobell gefunden hatte, dass die Beryllerde

1) Gmelin's Chemie, Bd. II, S. 281.

nicht, wie schwache Basen, durch kohlensaure Baryerde und Kalkerde in der Kälte gefällt wird, war man an der allgemein angenommenen Zusammensetzung etwas zweifelhaft geworden. Afdéef zeigte nun, dass in dem einzigen darstellbaren Doppelsalze der Schwefelsäure mit Beryllerde und mit Kali, beide Basen gleich viel Sauerstoff enthielten, und in dem Doppelsalze von Fluor mit Beryllium und Kalium beide Metalle mit gleichen Mengen von Fluor verbunden wären; diese Doppelsalze sind aber von ganz anderer Zusammensetzung, als die, welche die Thonerde bildet. Er machte ferner darauf aufmerksam, dass die Zusammensetzung der in der Natur vorkommenden Verbindungen, die Beryllerde enthalten, namentlich die des Chrysoberylls, einfacher sey, wenn man die Beryllerde als aus gleichen Atomen Sauerstoff und Metall, und nicht wie die Thonerde zusammengesetzt annimmt.

Obgleich Berzelius diesen Gründen alle Gerechtigkeit widerfahren ließ, so entschied er sich doch bestimmt für die atomistische Zusammensetzung der Beryllerde, wie er sie bisher angenommen hatte, und zwar besonders aus dem Grunde, weil das leichte Atomgewicht der Beryllerde, das sie erhalten müsste, wenn man sie aus einem Atom Metall und einem Atom Sauerstoff zusammengesetzt annimmt, nicht den bedeutenden spec. Gewichten ihrer Verbindungen zu entsprechen scheint.

Nimmt man das spec. Gewicht der Beryllerde, das der in der Natur vorkommenden und der im Porcellanofen gebrühten Thonerde entspricht, zu 3,021 an, so ist das Atomvolum der Beryllerde, wenn man dieselbe aus zwei Atomen Metall und drei Atomen Sauerstoff zusammengesetzt annimmt, 157; besteht sie aber aus gleichen Atomen Metall und Sauerstoff, so ist das Atomvolum derselben 52,3.

Ersteres Atomvolum ist aber dem oben angeführten der Thonerde 160,45 sehr nahe, während das Atomvolum 52,3 mit keinem Atomvolum der Oxyde Aehnlichkeit hat, die aus einem Atom Metall und einem Atom Sauerstoff bestehen. Es geht hieraus hervor, dass die Ansicht von Ber-

zelius über die atomistische Zusammensetzung der Beryllerde die richtige seyn muss.

Um aber hierüber noch gröfsere Gewissheit zu erhalten, musste ich das Atomvolum der Beryllerde, das sich aus der andern Zusammensetzung derselben ergiebt, mit dem vergleichen, das aus Oxyden, die ohne Zweifel aus einem Atome Metall und einem vom Sauerstoff bestehen, gefolgt werden kann. Da ich aber das spec. Gewicht von keinem dieser Oxyde kannte, das von einer analogen Dichtigkeit mit der seyn konnte, wie sie die Thonerde und Beryllerde zeigen, nachdem sie dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt gewesen waren, so mussten hierüber neue Versuche ange stellt werden. Ich wählte von den angeführten Oxyden die Magnesia, um ihr Atomvolum mit der der Beryllerde vergleichen zu können.

#### Magnesia.

Ich habe viele Versuche angestellt, um das spec. Gewicht der gewöhnlichen gebrannten Magnesia zu bestimmen. Ich habe aber hierbei so auffallende und sich einander wider sprechende Resultate erhalten, dass ich sie hier mitzutheilen mich nicht entschliessen mag. Ich mache nur darauf aufmerksam, dass man bei der Bestimmung des spec. Gewichts der Magnesia einen sehr bedeutenden Fehler begehen kann, wenn man eine Magnesia anwendet, die etwas Chlormagnesium enthält. Viele kohlensaure Magnesia, die im Handel vorkommt, und die, außer einem kleinen Chlorgehalte, sonst ganz rein ist, behält den gröfssten Theil desselben, wenn die Kohlensäure und das Wasser bei nicht zu starker Hitze ver jagt werden. Wägt man nun eine solche Magnesia unter Wasser, dampft alsdann, um das absolute Gewicht der unter Wasser gewogenen Menge Magnesia zu bestimmen, das Wasser ab, und erhitzt den Rückstand bis zum Glühen, so verflüchtigt sich mit den letzten Wasserdämpfen Chlorwasserstoff, und bei jedem erneuten Glühen wird der Rückstand etwas leichter, wodurch ich endlich ein so

hohes spec. Gewicht der Magnesia erhielt, daß ich erst dadurch auf die Fehlerquelle aufmerksam gemacht wurde.

Wird die gebrannte Magnesia der heftigsten Hitze des Porcellanofens ausgesetzt, so erhält sie dadurch merkwürdige Eigenschaften. Bei der hohen Temperatur oxydirt sich das Platin des Tiegels, wo es in Berührung mit der Magnesia gewesen ist; diese wird dadurch etwas bräunlich gefärbt. Aber diese braunen Stellen kann man leicht von der übrigen reinen Magnesia trennen. Unter dem Mikroskop zeigte sich diese Magnesia aus lauter kleinen Krystallen bestehend. In Säuren scheint sie anfänglich ganz unauflöslich zu seyn; nur nach einer langen Behandlung mit denselben wird sie aufgelöst, zur vollständigen Auflösung gehört indessen sehr lange Zeit. 4,041 Grm. zeigten das spec. Gewicht von 3,644; bei einer andern Bestimmung war dasselbe 3,650.

In diesem Zustand ist die Magnesia der ähnlich, wie sie in dem von Scacchi<sup>1)</sup> entdeckten interessanten Minerale vom Vesuv, das derselbe Periklas genannt hat, enthalten ist; und das seine grüne Farbe einem Gehalte von Eisenoxydul verdankt. Scacchi giebt das spec. Gewicht des Minerals zu 3,75 an.

Nimmt man das Atomgewicht der Talkerde zu 258,14, und das spec. Gewicht derselben zu 3,644 an, so ist das Atomvolum derselben 71. Dasselbe wird um etwas geringer, wenn nach den neueren Untersuchungen von Scheerer und Svanberg das Atomgewicht der Talkerde um etwas vermindert werden sollte. In jedem Falle aber weicht die Zahl 71 sehr von 52,3 ab, dem Atomvolum der Beryllerde, wenn diese aus gleichen Atomen Metall und Sauerstoff zusammengesetzt angenommen wird.

Von den Oxyden, welche aus einem Atom Metall und einem Atom Sauerstoff bestehen, können wir hinsichtlich der Dichtigkeit nur wenige mit derjenigen Talkerde vergleichen, welche durch eine sehr hohe Temperatur in den

1) Journ. für pract. Chemie, Bd. 28, S. 487.

krystallisirten Zustand versetzt worden ist. Genth<sup>1)</sup> hat ein krystallisiertes Nickeloxyd untersucht, welches er aus dem Gaarkupfer ausschied, und das sich ebenfalls durch seine Schwerlöslichkeit in Säuren auszeichnet. Es krystallisiert wie der Periklas in regulären Octaëdern. Das spec. Gewicht ist von Genth zu 5,745 angegeben worden; das Atomvolum wäre daher 81,7.

Da diese Zahl aber sehr von 71 abweicht, so ließ ich Hrn. Genth ersuchen, die Bestimmung des spec. Gewichts des Nickeloxys zu wiederholen. Er theilte mir vor Kurzem, als diese Abhandlung schon längst geschrieben war, mit, dass er nach zwei neuen Versuchen das spec. Gewicht 6,604 und 6,606 gefunden hätte. Berechnet man aber das Atomvolum dieses Nickeloxys aus dem Mittel beider Versuche, so erhält man 71, also ganz genau dieselbe Zahl wie für das Atomvolum der krystallisierten Magnesia.

Das Zinkoxyd erhält man oft als Hüttenproduct krystallisiert. Es krystallisiert aber in sechsseitigen Prismen, und ist, wie das in der Natur vorkommende Rothzinkerz, rhomboedrisch. Es ist nicht der starken Hitze ausgesetzt gewesen, wie die beiden andern erwähnten Oxyde. Es hat sich in den Essen der Hütten aus den Dämpfen des metallischen Zinks durch Oxydation gebildet. Hr. Brooks hat in meinem Laboratorium ein sehr reines krystallisiertes Zinkoxyd von gelblicher Farbe untersucht. Es war von der Aspacher Hütte in dem Reg. Bezirk Coblenz. Es war frei von fremden Beimengungen, und hatte bei verschiedenen Bestimmungen das spec. Gewicht von 5,6067 und 5,6570. Dies stimmt ziemlich überein mit den Dichtigkeiten des künstlichen Zinkoxyds von Boullay und Karsten und der des Rothzinkerzes. Das Atomvolum des Zinkoxyds ist aber dann 90; da indessen das Oxyd nicht einer hohen Temperatur ausgesetzt gewesen ist, so ist dies Atomvolum hier nicht zu berücksichtigen.

Am nächsten den oben angegebenen Atomvolumen der Magnesia und des Nickeloxys kommt das des Kupferoxyds,

1) Annal. der Chemie und Pharmacie, Bd. 53, S. 139.

wenn es aus dem von Karsten angegebenen spec. Gewicht desselben, 6,4, berechnet wird. Es ist 77,4. Wir wissen aber nicht, welchem Hitzgrade dasselbe ausgesetzt gewesen war.

Aus der großen Abweichung der so übereinstimmenden Atomvolumen der Magnesia und des Nickeloxyds von dem der Beryllerde, wenn man in letzterer eine ähnliche Zusammensetzung annehmen wollte, wie in jenen Oxyden, geht unzweideutig hervor, dass man eine solche Zusammensetzung in der Beryllerde nicht annehmen kann.

#### Eisenoxyd.

Ich habe schon bei einer andern Gelegenheit darauf aufmerksam gemacht, dass das Atomvolum der Thonerde, wenn man es aus dem spec. Gewichte des Corunds berechnet, sehr von dem Atomvolum des Eisenoxyds, wenn dasselbe aus der Dichtigkeit des Eisenglanzes hergeleitet wird, abweicht<sup>1)</sup>. Ich habe einige Versuche über das spec. Gewicht des künstlich dargestellten Eisenoxyds angestellt.

Eisenoxyd, durch Ammoniak aus einer Chloridauflösung gefällt, wurde über der Spirituslampe geglättet. 6,554 Grm. zeigten das spec. Gewicht von 5,169.

Dieses Eisenoxyd wurde einem dreistündigen Kohlenfeuer ausgesetzt. Es war dadurch sehr zusammengesintert, von schwarzer Farbe und erschien schon unter der Lupe krystallinisch. In Pulver zerrieben, war es vollkommen roth. 5,909 Grm. hatten das spec. Gewicht 5,037.

Als dasselbe Eisenoxyd dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt worden war, war es in eine geschmolzene schwarze Masse verwandelt worden, welche zerrieben auch ein schwarzes Pulver gab. Die Auflösung in Chlorwasserstoffsäure gab mit einer Auflösung von Kaliumeisencyanid einen starken Niederschlag von Berlinerblau, und mit Ammoniak eine dunkel schwarzbraune Fällung, welche nicht die vollkommen schwarze Farbe hatte, wie ein Niederschlag von der Zusammensetzung des Magneteisens. Es hatte sich also, wie

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 62, S. 131.

vorauszusehen war, ein Theil des Eisenoxyds in Oxydul verwandelt.

Dass das Eisenoxyd nicht ohne Zersetzung eine hohe Temperatur ertragen kann, ist wohl der Grund, dass daselbe nicht von einer Dichtigkeit erhalten werden kann, welche der der Thonerde und der Beryllerde entspricht, wenn diese dem Feuer des Porcellanofens ausgesetzt worden waren.

Mein Bruder hat das spec. Gewicht von mehreren Arten des krystallisirten Eisenglanzes bestimmt. Er fand daselbe 5,191; 5,214 und 5,230. Letzteres entspricht dem Atomvolum 191. Es ergiebt sich hieraus, dass ungeachtet der Gleichheit der Krystallform des Corunds und des Eisenglanzes, beide nicht eine analoge Dichtigkeit haben. Die Auflöslichkeit des Eisenglanzes in Chlorwasserstoffssäure und die Nichtauflöslichkeit des Corunds in derselben ist vielleicht eine Folge davon. Aber in jedem Falle ist die Gleichheit der Form und das verschiedene Atomvolum bei der Thonerde und dem Eisenoxyde im hohen Grade bemerkenswerth.

Es geht aus diesen Untersuchungen hervor, dass bei der Berechnung der Atomvolume analog zusammengesetzter Körper es durchaus nothwendig ist, die *analoge* Dichtigkeit derselben zu kennen. Da aber das spec. Gewicht sehr vieler Körper sich ändert, wenn sie verschiedenen erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden, so ist es oft sehr schwer diese analoge Dichtigkeit zu bestimmen. Man kann wohl als erwiesen annehmen, dass wenn Körper den höchsten Temperaturen, ohne dabei zu schmelzen, ausgesetzt gewesen waren, und sie dadurch eine gleiche Krystallform erhalten haben, eine analoge Dichtigkeit bei ihnen stattfinden muss.

**VIII. Ueber die Krystallform des Zinks;**  
**von Hrn. J. Nicklès.**

(*Annal. de chim. et de phys.*, Ser. III, T. XXII, p. 37.)

Die Krystallform des reinen Zinks ist schon von Nöggerath (Poggend. *Ann.* T. XXXIX, p. 324) beschrieben, und als eine sechsseitige Säule befunden. Zink, Antimon und Arsen sind also die einzigen Metalle, deren Form nicht zum regulären System gehört. Indes krystallisiren die Metalle der Magnesia-Reihe in diesem System, und wenn das Zink bisher eine Ausnahme mache, so konnte man hoffen, dass die Dimorphie dereinst dieses Metall zu der Gruppe von Metallen zurückführen werde, welcher es durch seine chemischen Eigenschaften angehört. In der That konnte ich dieses nachweisen an reinen Zinkkrystallen, die Hr. Favre nach dem Verfahren des Hrn. Jacquelain dargestellt hat <sup>1)</sup>), und ich der Güte des Hrn. Silbermann verdanke.

Die Krystalle sind sehr deutliche Pentagonaldodecaeder, die in Allem an die Form des Schwefelkieses und des Glanzkobalts erinnern.

Dies Beispiel von Dimorphie steht unter den Metallen nicht einzeln da. Hr. Miller, der die Krystallform des Zinns untersucht hat, hat gezeigt, dass es in dem viergliedrigen System krystallisiert <sup>2)</sup>). Hr. Frankenheim hat daselbe Metall in Würfeln krystallisiert gefunden, und neuerlich hat Hr. G. Rose (Poggend. *Ann.*, T. LV, p. 329) angegeben, dass Palladium und Iridium isodimorph sind, beide im rhombischen und im cubischen System krystallisiren.

Hienach wäre es nicht auffallend, einstens das Antimon und Arsen demselben Gesetze unterworfen und in das reguläre System eintreten zu sehen, das wirklich allen Metallen anzugehören scheint.

1) Durch Destillation in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas (*Compt. rend.*, T. XIV, p. 639 und *Ann. de chim.*, Ser. III, T. VII, p. 203.)

(P.)

2) Diese Annalen, Bd. 58, S. 660.

(P.)

**IX. Ueber die chemische Zusammensetzung des  
Meteoreisens von Seeläsgen;  
von C. Rammelsberg.**

Die bald nach der Braunauer bekannt gewordene Meteoreisenmasse von Seeläsgen bei Schwiebus, deren Fall freilich nicht constatirt ist, hat wegen ihrer grofsen Aehnlichkeit mit jener sehr bald die Aufmerksamkeit erregt. Sie ist nach ihren physischen Charakteren bereits von den HH. Prof. Glocker und Dr. Schneider ausführlich beschrieben <sup>1)</sup>), und treten dabei die ausgezeichnete rechtwinklige Spaltbarkeit, so wie die massigen Aggregate von Schwefel-eisen besonders hervor.

Auch eine chemische Untersuchung dieses Meteoreisens hat Hr. Prof. Duflos bekannt gemacht <sup>2)</sup>). Allein dieselbe bezieht sich eigentlich nur auf die Hauptmasse, das Nickel-eisen, und lässt die Frage über die Natur der beigemengten Körper, des *Schwefeleisens* und des *beim Auflösen in Chlorwasserstoffsäure bleibenden Rückstandes* unentschieden. Meine analytischen Versuche sind aber gerade nach dieser Richtung hin durchgeführt worden, was indessen nur dadurch möglich war, dass Hr. Dr. Schneider mit zuvorkommender Liberalität mir mehr als 100 Grammen der Masse zur Verfügung stellte.

Das spec. Gewicht des Meteoreisens fand ich = 7,7345 (7,63—7,71 nach Duflos <sup>3)</sup>).

In Chlorwasserstoffsäure löst es sich verhältnissmässig leicht auf; das Wasserstoffgas hat ganz den Geruch desjenigen, welches mittelst Roheisen, Stabeisen oder Stahl erhalten wird, und setzt dieselbe flüchtige Kohlenwasser-

1) S. diese Annalen, Bd. 73, S. 329, 332; Bd. 74, S. 57.

2) A. a. O. Bd. 74, S. 61.

3) Das des Braunauer Eisens wird zu 7,714 (Beinert) und 7,782 (Johl) angegeben.

stoffverbindung in ölartigen Tropfen ab. Nach dem Auflösen des Eisens bleibt ein Rückstand, in welchem man drei verschiedene Substanzen unterscheiden kann: 1) eine leichte pulverige Kohle; 2) Graphitblättchen; 3) ein schweres metallisches, fast silberweisses Pulver, in welchem man mit der Lupe viele nadelförmige Krystalle entdeckt.

Indem ich 71,105 Grm. in dem Apparate, den Berzelius für die Analyse der Eisenarten angegeben hat, in Chlorwasserstoffsäure auflöste, und welcher mit drei Kalíapparaten, mit ammoniakalischer Silberauflösung gefüllt, versenhen war, konnte ich weder Phosphor- noch Arsenikwasserstoff, wohl aber eine höchst geringe Menge Schwefelwasserstoff bemerken, entsprechend 0,002 Proc. Schwefel im Meteoreisen, und wahrscheinlich von fein eingesprengtem Schwefeleisen herrührend.

Die Analyse, wobei das Eisen (welches nach Duflos 1 Proc. Mangan enthält) nicht direct bestimmt wurde, gab:

Eisen (und Mangan)	92,327
Nickel	6,228
Kobalt	0,667
Zinn und Kupfer	0,049
Kiesel	0,026
Kohle	0,520 (nach einer unten anführenden Bestimmung)
Unlöslicher Rückstand	0,183
	100 <sup>1</sup> ).

Das körnige Schwefeleisen, welches zum Theil als cylindrische Kerne in der Eisenmasse steckt, und eine bräunlich speisgelbe Farbe zeigt, wird gewöhnlich Schwefelkies genannt, indessen mit Unrecht, da es sich, wenn auch langsam, in Chlorwasserstoffsäure auflöst.

Das spec. Gewicht dieser Substanz fand ich = 4,787, was indessen wegen Beimengung von Eisentheilchen viel-

1) In dem Meteoreisen von Braunau fanden Duflos und Fischer: Eisen 91,882, Nickel 5,517, Kobalt 0,529, was die Gleichheit beider Massen darthut.

leicht etwas zu hoch ist, und dem des Magnetkieses nahe kommen dürfte<sup>1)</sup>). Zur Analyse wurden 1,837 Grm. des Pulvers mit einem Gemenge von Salpeter und kohlensaurer Natron geschmolzen und dann mit Wasser ausgelaugt. In der gelben Flüssigkeit war Chromsäure enthalten. Das Resultat, wobei die zur Bildung von FeCr nötige Menge von Fe schon berechnet ist, war:

<b>Schwefel</b>	<b>28,155</b>
<b>Eisen</b>	<b>65,816</b>
<b>Nickel und Kobalt</b>	<b>1,371</b>
<b>Kobalt</b>	<b>1,371</b>
<b>Kupfer</b>	<b>0,566</b>
<b>Eisenoxydul</b>	<b>0,874</b>
<b>Chromoxyd</b>	<b>1,858</b>
	<hr/>
	<b>98,640.</b>

Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass der Nickelgehalt, wenigstens größtentheils, von beigemischtem Nickel-eisen herrührt. Berechnet man letzteres nach den vorhergehenden Zahlen, so erhält man:

<b>Schwefel</b>	<b>28,155</b>	<b>}</b>	<b>37,16</b>
<b>Eisen</b>	<b>47,363</b>		<b>62,84</b>
		<hr/>	<b>100.</b>
<b>Kupfer</b>			<b>0,566</b>
<b>Nickel-eisen</b>			<b>19,824</b>
<b>Chrom-eisen</b>			<b>2,732</b>
			<hr/> <b>98,640.</b>

Dieses Schwefeleisen hat also (— es ist die zur Bildung von Cu nötige Menge Schwefel vorher in Abzug gebracht —), die Zusammensetzung des *Eisensulfurets*, und nicht des Magnetkieses, denn diese Verbindungen bestehen aus:

1) Das spec. Gew. des letzteren ist = 4,62, des Speckieses = 4,85, des Schwefelkieses = 5,0. Vergl. G. Rose in d. Annal., Bd. 74, S. 291.

	Eisensulfuret.	Magnetkies.
	Fe.	Fe. Fe.
Schwefel	36,41	39,56
Eisen	63,59	60,44
	100.	100.

Es kommt also das Eisensulfuret im isolirten Zustande wenigstens in meteorischen Massen vor, wenn auch die Ansicht, dass der Magnetkies nicht diese einfache Verbindung, sondern eine Verbindung zweier Sulfurete sey, durch mehrfache Gründe unterstützt wird, wie noch kürzlich Hr. G. Rose gezeigt hat <sup>1)</sup>). Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dass, nach meinen Versuchen, der Magnetkies von Bodenmais beim Auflösen in Chlorwasserstoffsäure 5,24 Proc. zurückliess, = 4,18 Schwefel, ein wenig Eisen und Glimmerblättchen, also keinen Schwefelkies, wie ich zu vermuten geneigt war.

Wenn man in dem Schwefeleisen unserer Meteormasse keine Einmengung von Nickeleisen annehmen, sondern das Ganze für ein nickelhaltiges Sulfuret halten wollte, so würde dasselbe 19 At. Metall gegen 14 At. Schwefel enthalten,  $9\text{Fe} + 5\text{Fe}$ , was durchaus nicht wahrscheinlich ist.

Bekanntlich enthält das Eisen von Braunau gleichfalls dieses Schwefeleisen, wenngleich nicht so reichlich; Fischer hat aus Mangel an Material nicht genau die quantitativen Verhältnisse der Substanz zu ermitteln vermocht, ist indessen doch auch zu dem Schluss gelangt, dass es Fe, gemengt mit Nickel- und Chromeisen (auch Kohleneisen, was ich jedoch nicht gefunden), sey.

Es bleibt nun noch übrig, die Natur des *Rückstandes* zu ermitteln, welcher beim Auflösen des Meteoreisens in Chlorwasserstoffsäure ungelöst bleibt. Seine Menge, obwohl er ungleich darin vertheilt scheint, ist nicht groß, so dass 96 Grammen aufgelöst werden mussten, um die zu einigen Versuchen nötige Masse zu erhalten. Er wurde

1) Diese Annalen, Bd. 74, S. 271.

dann noch mehrfach mit neuen Quantitäten der Säure digerirt, so lange noch ein Angriff stattfand. Die Substanz erschien nun als ein Gemenge von weisser Kieselsäure (die vielleicht vom Glase herrührt), von einer sehr lockeren leichten Kohle, glänzenden Graphitblättchen und hauptsächlich metallischen Theilen, die unter dem Mikroskop theils als feine, silberweisse, glänzende Nadeln, welche stark magnetisch waren, theils als weisse glänzende Stückchen erschienen, die vielleicht Reste von der Hauptmasse des Eisens sind, und welche die Säure nicht aufgelöst hatte. Durch mechanische Mittel, Abschlämmen, wurden Kohle und Kieselsäure möglichst entfernt, worauf die Substanz getrocknet wurde.

Die Analyse geschah durch Auflösen in Königswasser, was langsam erfolgte, und wobei noch etwas Kieselsäure zurückblieb. Die Auflösung wurde zur Bestimmung von Schwefelsäure mit Chlorbaryum gefällt, dann abgedampft und mit kohlensaurem Natron geglüht. In dem sauer gemachten wässrigen Auszuge gab Schwefelwasserstoff eine geringe Menge Zinn, worauf die Phosphorsäure mittelst Chlorcalcium gefällt wurde. In dem Rückstand wurden Kupfer, Eisen, Nickel gefunden.

Zwei Analysen lieferten folgende Resultate:

	a.	b.
Schwefel	nicht bestimmt	0,26
Phosphor	6,13	7,93
Eisen	59,23	61,13
Nickel	26,78	28,90
Kupfer	0,78	} nicht bestimmt.
Zinn	0,20	

Fischer, welcher diesen Rückstand aus dem Braunauer Eisen untersuchte, giebt an, dass es Blättchen seyen, in denen er fand: Phosphor 11,722; Eisen 56,430; Nickel 25,015; Chrom 2,850; Kohle 1,156; Kieselsäure 0,985. Ich habe indessen darin kein Chrom gefunden, was sich leicht hätte zeigen müssen, und habe die Kieselsäure überhaupt nicht

in Rechnung gebracht, da gewiss der kleinste Theil als Kiesel in der Substanz mit Eisen verbunden ist. Kohle enthielt die Substanz aus dem Eisen von Seeläsgen gleichfalls nicht in bestimmbarer Menge, denn die wenigen Graphitblättchen stammten von der Hauptmasse her. Berzelius hat diesen Körper, der gewiss in allen Meteoreisen enthalten ist, schon früher untersucht, und zwar aus den Massen von Bohumilitz, Sibirien und Elbogen, und darin gefunden:

	B.	S.	E.
Phosphor	14,023	18,47	14,17
Eisen	65,987	48,67	68,11
Nickel	15,008	18,33	
Kiesel	2,037	Mg 9,66	17,72
Kohle	1,422	—	100.
	98,467	95,13.	

Unvollständige Analysen des Rückstandes der Massen von Texas und Lockport gaben Silliman und Hunt<sup>1)</sup>. Alle diese Versuche geben aber keinen genügenden Aufschluss über die Natur dieser interessanten Phosphorverbindung, wahrscheinlich, weil sie immer mit mehr oder weniger Nickeleisen, Kieseisen etc. gemengt ist. Shepard hat sie mit dem Namen *Dyslityt* bezeichnet, während er *Schreibersit* kleine gestreifte Prismen nennt, die im Meteorstein von Bishopville vorkommen, und von denen er vermutet, dass sie Schwefelchrom seyen, was aber ihre Reaktionen eben nicht beweisen.

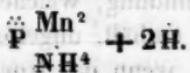
*Kohlenstoff.* Um die Gesamtmenge desselben in dem Eisen von Seeläsgen zu bestimmen, wurden 1,422 Grm. der Feile mit chromsaurem Bleioxyd und chlorsaurem Kali verbrannt; sie gaben 0,027 Kohlensäure = 0,0074 Kohlenstoff = 0,52 Proc.

*Arsenik.* Aus dem schon Mitgetheilten folgt die Abwesenheit desselben. Aber auch im Marsh'schen Apparate, in welchem das Eisen mit verdünnter Schwefelsäure behandelt wurde, ließ dies Metall sich nicht entdecken.

1) S. III. Suppl. zu meinem Handwörterb., S. 8.

**X. Ueber die Verbindungen der gewöhnlichen Phosphorsäure mit dem Manganoxydul;**  
 von **W. Heintz.**

Die Salze, welche die gewöhnliche Phosphorsäure mit dem Manganoxydul bildet, sind bis jetzt noch gar nicht näher untersucht worden. Nur eine Verbindung derselben, welche außer dem Manganoxydul noch Ammoniak als Basis enthält, ist genauer bekannt. Sie ist der gewöhnlichen phosphorsauren Ammoniak-Magnesia analog zusammengesetzt. Nach Otto's<sup>1)</sup> Analyse ist ihre Formel gleich



Für die Zusammensetzung der Verbindung, welche unlöslich zu Boden fällt, wenn eine Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul mit gewöhnlichem phosphorsauren Natron versetzt wird, giebt Berzelius<sup>2)</sup> die Formel  $\text{PMn}_3$  an. Diese Formel ist jedoch auf keine Analyse gegründet, sondern nur nach Analogie der meisten andern phosphorsauren Salze angenommen worden. Aus dem Verfolge dieser Arbeit wird die Unrichtigkeit derselben deutlich hervorgehen.

Bei Gelegenheit der Arbeit des Hrn. R. Herrmann über die Verbindungen des Manganoxyds<sup>3)</sup>, welche er in meinem Laboratorium vollendet hat, war bei einem der Versuche zur Darstellung des phosphorsauren Manganoxyds die Mischung von Phosphorsäure mit diesem Oxyde so stark erhitzt worden, daß letzteres gänzlich in Manganoxydul umgewandelt war. Die so dargestellte Masse löste sich leicht in Wasser, und setzte beim freiwilligen Verdunsten,

1) Schweigger's Journal, Bd. 66, S. 288.

2) Berzelius Lehrbuch der Chemie, Bd. 4, S. 382.

3) Diese Annalen, Seite 303 dieses Bandes.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXIV.

jedoch erst nachdem die Flüssigkeit Syrupsdicke angenommen hatte, Krystalle ab, welche ich für saures phosphorsaures Manganoxydul halten zu dürfen glaubte. Dieselbe Verbindung bildet sich, wenn man das unlösliche, durch Fällung eines Manganoxydulsalzes mit dem gewöhnlichen phosphorsauren Natron dargestellte Salz in Phosphorsäure auflöst und der Verdunstung überlässt.

Die Krystalle, welche ich so erhielt, waren so klein, dass ich ihre Form nicht genauer studiren konnte. Ich kann davon nur sagen, dass sie Prismen bilden, die in der Regel vielfältig mit einander verwachsen sind. Diese Verbindung löst sich leicht in Wasser, aber nicht in Alkohol. Dieser zieht im Gegentheil Phosphorsäure aus derselben aus, so dass die Verbindung, welche auf ein Atom Säure zwei Atome der Basis enthält, ungelöst zurückbleibt. Dies geschieht nicht allein, wenn das trockne Salz mit Alkohol gekocht wird, sondern auch wenn es damit in der Kälte längere Zeit steht. In diesem Falle jedoch erfolgt die Zersetzung sehr langsam, wogegen durch Kochen mit Alkohol dieselbe sogleich vor sich geht. Die concentrirte wässrige Lösung dieses Salzes wird durch Alkohol gefällt. Der Alkohol nimmt auch hier Phosphorsäure auf, und das später zu erwähnende an Basis reichere Salz schlägt sich in Form kleiner körniger Krystalle nieder.

Vor dem Löthrohr in der äusseren Flamme auf Kohle erhitzt, schmilzt es ziemlich leicht zu einer beim Erkalten schwarz und undurchsichtig werdenden Perle. Drückt man diese aber zu einer dünnen Platte aus, so ist die violette Farbe derselben deutlich zu erkennen. In der Glühhitze wirft sie fortwährend Blasen, indem Phosphorsäure fortgeht. In der inneren Flamme findet dieses Blasenwerfen fast gar nicht statt, wahrscheinlich nur deshalb, weil die Hitze in der inneren Flamme zu gering ist, um die Phosphorsäure auszutreiben. Längere Zeit in dieser Flamme erhitzt, wird die Perle endlich weiß und undurchsichtig. Erhitzt man dieselbe von Neuem in der äusseren Flamme, so wird sie unter stetem Blasenwerfen wiederum schwarz.

Diese Blasen zerplatzen meist, indem sie ein intensives Licht verbreiten. Wahrscheinlich wird durch die Kohle in der unteren Schicht der Perle etwas Phosphor erzeugt, dessen Gas die Blasen bildet, und der bei ihrem Zerplatzen verbrennt, wodurch eben jenes Leuchten veranlaßt wird.

Die Analyse dieser Verbindung geschah auf folgende Weise. Eine gewogene Menge der lufttrocknen Substanz wurde bei  $110^{\circ}$  bis  $120^{\circ}$  C. im Luftbade erhitzt, bis keine Gewichtsabnahme mehr zu bemerken war. Der Gewichtsverlust gab das Krystallwasser an. Darauf wurde gechlüht. Aus dem Verlust wurde die Menge des basischen Wassers bestimmt. Der gechlühte Rückstand wurde mit einem starken Ueberschus von kohlensaurem Natron über einem Spiritusgebläse zusammengeschmolzt, die geschmolzene Masse in Wasser, zu dem einige Tropfen Alkohol gefügt waren, um die etwa gebildete Mangansäure zu reduciren, aufgelöst, das Ungleiche abfiltrirt, aus dem sauer gemachten Filtrat die Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak gefällt, und mit den bekannten Vorsichtemaßregeln ausgewaschen, gechlüht und gewogen. Das auf dem Filtrum gebliebene Oxyd des Mangans durfte nicht unmittelbar gechlüht und gewogen werden, weil Natron darin hartnäckig zurückgehalten wird, wie dies in der schon citirten Arbeit von R. Herrmann nachgewiesen ist. Es wurde in Salzsäure wieder aufgelöst, durch kohlensaures Natron gefällt und als Manganoxydoxydul gewogen.

Bei dieser Gelegenheit will ich bemerken, daß die Umwandlung des kohlensauren Manganoxyduls in Manganoxydoxydul dadurch sehr erleichtert und beschleunigt wird, wenn man, ähnlich wie bei Verbrennung des Filtrums, den Platintiegel, worin es sich befindet, schräg legt, denselben lose bedeckt und an der offenen Stelle mit einem kalten Blech so lange berührt, bis dadurch kein Aufglühen mehr stattfindet. Das Manganoxydul nimmt dann unter lebhaftem Eglühen Sauerstoff auf, und man erkennt leicht an dem Aufhören desselben, ob die Umwandlung vollständig vollendet ist. Glüht man das so erhaltene Manganoxyd-

oxydul noch kurze Zeit bei bedecktem Tiegel heftig durch, so kann man sicher seyn, dass durch ferneres Glühen keine Gewichtsveränderung mehr hervorgebracht wird.

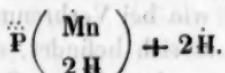
Die Analysen gaben folgende Resultate:

I. 0,959 Grm. dieses Salzes verloren bei 110° bis 120° C. 0,1265 Grm. Wasser (13,19 Proc.), und nach dem Glühen noch 0,127 Grm. (13,24 Proc.). Aus dem Rückstande wurden erhalten 0,261 Grm. Manganoxydoxydul und 0,7415 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde. Dies entspricht 25,32 Proc. Manganoxydul und 48,98 Proc. Phosphorsäure.

II. 0,9305 Grm. desselben Salzes gaben bei 100° bis 120° C. 0,1232 Grm. (13,24 Proc.) und beim Glühen noch ferner 0,1188 Grm. (12,77 Proc.) Wasser aus. Von dem Rückstande wurden 0,551 Grm., entsprechend 0,7447 Grm. des wasserhaltigen Salzes, mit kohlensaurem Natron innig gemischt und über einem Spiritusgebläse zusammengeschmolzt. Es wurden erhalten 0,197 Grm. Manganoxydoxydul und 0,578 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde. Dies entspricht 24,60 Proc. Manganoxydul und 49,17 Proc. Phosphorsäure.

	I.	II.	Berechnet.
Krystallwasser	13,19	13,24	12,60 2 H
Basisches Wasser	13,24	12,77	12,60 2 H
Manganoxydul	25,32	24,60	24,88 1 Mn
Phosphorsäure	48,98	49,17	49,92 1 P
	100,73	99,78	100,00.

Aus den Resultaten dieser Analysen geht hervor, dass diese Verbindung ein saures Salz ist. Ihre Formel ist:



Es schien mir von Interesse auszumitteln, welche Zusammensetzung der Niederschlag hat, welcher durch gewöhnliches phosphorsaures Natron in einer Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul erzeugt wird. Er wurde auf die Weise dargestellt, dass eine Auflösung dieses Salzes durch

einen Überschuss von jenem gefällt, der Niederschlag auf einem Filtrum gesammelt und ausgewaschen wurde.

Die so dargestellte Verbindung ist ein weisses sehr lokkeres, in Wasser sehr wenig lösliches Pulver, das unter dem Mikroskop keine Spur von Krystallisation zeigt, und das durch Einwirkung von Ammoniak im frisch gefällten Zustande in das von Otto entdeckte Doppelsalz übergeht. Dieses Salz ist im Alkohol unlöslich, dagegen löst es sich leicht in starken Säuren, in Essigsäure jedoch nicht ganz leicht, namentlich, wenn es vorher getrocknet worden ist.

Vor dem Löthrohr verhält sich das Salz ähnlich wie das vorige. Es schmilzt etwas schwerer zu einer anfangs weissen undurchsichtigen Perle, die jedoch in der äusseren Flamme längere Zeit erhitzt unter Blasenwerken bald schwärzlich wird. Diese Blasen zerplatzen unter lebhafter Lichterscheinung, wie dies bei der vorigen Verbindung bereits angeführt ist. Wenn einmal die Perle eine schwarze Farbe angenommen hatte, wollte es mir nicht mehr gelingen, sie in der inneren Flamme wieder weiss herzustellen.

Die im Uebrigen von Berzelius angegebenen Eigenchaften dieser Verbindung habe ich bestätigt gefunden.

Bei den ersten Analysen dieses Salzes verfuhr ich nach derselben Methode, wie bei dem sauren Salze. Allein ich fand, dass es durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron nicht vollständig zersetzt werden konnte. Deshalb habe ich mich bei der letzten Analyse der Methode bedient, das Salz in Salzsäure aufzulösen, und durch Ammoniak und Schwefelammonium das Mangan als Schwefelmetall zu fällen. Im Uebrigen wurde auf dieselbe Weise verfahren.

I. 0,338 Grm. dieses bei 110° bis 120° C. im Luftbade erhitzten Salzes verloren durch Glühen 0,0447 Grm. Wasser. Dieses beträgt 13,23 Proc., oder da die späteren Versuche lehren, dass das lufttrockne Salz 14,94 Proc. Wasser bei 110° bis 120° C. verliert, 11,25 Proc. des lufttrocknen Salzes. 0,5403 Grm. des geglühten Salzes lieferten 0,314 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia und 0,365 Grm. Manganoxydoxydul. Dies entspricht 36,83 Proc. Phosphor-

säure und 62,84 Proc. Manganoxydul. Das bei der Analyse erhaltene Manganoxydoxydul enthielt jedoch noch etwas Phosphorsäure; denn nachdem es in Salzsäure kochend gelöst, und das Mangan mittelst Ammoniak und Schwefelammonium vollständig gefällt war, gab die von dem Schwefelmangan abfiltrirte Flüssigkeit noch einen nicht unbedeutenden Niederschlag mit schwefelsaurer Magnesia.

Da nach Berzelius diese Verbindung auf ein Atom Phosphorsäure nur zwei Atome Manganoxydul enthalten soll, was zwar nach der eben angeführten Analyse wenig wahrscheinlich ist, so war es möglich, daß nach dem Glühen sich pyrophosphorsaures Manganoxydul gebildet hatte. Um daher die Schwierigkeiten, welche sich der Bestimmung der Pyrophosphorsäure entgegenstellen, von vorn herein zu beseitigen, schmolzte ich das Salz mit kohlensaurem Natron, und behandelte die geschmolzene Masse wie bisher. Hierdurch wurde die Pyrophosphorsäure in die gewöhnliche verwandelt. Allein in dem durch Glühen erhaltenen Manganoxydoxydul konnte noch Phosphorsäure enthalten seyn. Um diese abzuscheiden wurde es in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Ammoniak und Schwefelammonium gefällt, und die im Filtrat enthaltene Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak niedergeschlagen. Die so gefundene Menge Phosphorsäure wurde der anderweit gefundenen hinzugefügt und dagegen von dem Gewicht des Manganoxydoxyduls abgezogen, wofür eine aequivalente Menge Sauerstoff hinzugefügt wurde, da auf ein Atom Phosphorsäure 3 Atome Manganoxydul in dem gebrühten Manganoxydoxydul enthalten seyn müssten.

II. 0,463 Grm. der bei 110° bis 120° C. getrockneten Substanz verloren beim Glühen 0,062 Grm., d. h. 13,39 Proc. oder 11,39 Proc. der luftrocknen Substanz. 0,6045 der gebrühten Substanz lieferten 0,3638 pyrophosphorsaure Talkerde und 0,3884 Grm. Manganoxydoxydul, woraus jedoch noch 0,0101 Phosphorsäure in Form von 0,016 Grm. pyrophosphorsaurer Talkerde abgeschieden wurden. Demnach bestand die Verbindung aus 0,3603 Grm. oder 59,61

Proc. Manganoxydul und 0,2406 Grm. oder 39,80 Proc. Phosphorsäure. Berechnet man dies auf die den 0,6045 gebrühter entsprechende Menge lufttrockner Substanz, so findet man, dass diese enthält 43,91 Proc. Manganoxydul und 29,32 Proc. Phosphorsäure.

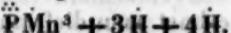
Da sich hiernach herausstellte, dass diese Verbindung auf ein Atom Phosphorsäure drei Atome Manganoxydul enthält, dass also beim Glühen derselben die darin enthaltene Phosphorsäure nicht in Pyrophosphorsäure umgewandelt wird, so schmelzte ich dieselbe bei dem dritten Versuch nicht erst mit kohlensaurem Natron zusammen, sondern löste sie sogleich in Salzsäure auf, und zersetzte sie mit Ammoniak und Schwefelammonium.

III. 1,074 Grm. der lufttrocknen Substanz verloren bei 110° bis 120° C. getrocknet 0,1713 Grm. oder 15,95 Proc. Wasser, und beim Glühen noch fernere 0,1197 Grm. oder 11,15 Proc. — 0,7713 Grm. der gebrühten Substanz liefern 0,4965 Grm. Manganoxydoxydul, entsprechend 0,4619 Grm. oder 59,89 Proc. Manganoxydul, und 0,498 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia, entsprechend 0,3155 Grm. oder 40,90 Proc. Phosphorsäure. Berechnet man dies auf das lufttrockne Salz, so findet man 43,66 Proc. Manganoxydul und 29,82 Proc. Phosphorsäure.

IV. 0,6352 Grm. des lufttrocknen Salzes verloren bei 110° bis 120° C. 0,1007 Grm. = 15,85 Proc. und nach dem Glühen noch 0,0705 Grm. = 11,10 Proc. Wasser.

	I.	II.	III.	IV.	Berechn.
Wasser bei 110°					
bis 120° zu ver-	—	—	15,95	15,85	14,94 4H
jagen	—	—	11,25	11,39	11,15 11,10 11,20 5H
Wasser erst durch					
Glühen auszutrei-					
ben	—	—	43,91	43,66	44,26 3Mn
Manganoxydul	—	—	29,32	29,82	29,60 P
Phosphorsäure					
			100,58	100,07	100,07

Die Zusammensetzung dieses Salzes ist also:



Um zu versuchen, ob vielleicht ein überbasisches Salz erhalten werden könnte, oder ob sich dabei das von Otto entdeckte ammoniakhaltige Doppelsalz bilden würde, ließ ich in eine ammoniakalisch gemachte Lösung von phosphorsaurem Natron eine gleichfalls ammoniakalisch gemachte und Salmiak enthaltende Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul hinein filtriren, während die Lösung des Natronsalzes in steter Bewegung erhalten wurde. Der Niederschlag, der auf einem Filtrum ausgewaschen wurde, war jedoch bis zum andern Morgen braun geworden, woraus deutlich hervorgeht, daß eine Oxydation desselben stattgefunden hatte. Als ich deshalb eine nur schwach ammoniakalisch gemachte Lösung des Mangansalzes, zu der vorher Salmiak gesetzt worden war, in eine Lösung von gewöhnlichem phosphorsaurem Natron durch ein Filtrum tröpfeln ließ, bildete sich ein anfangs schleimiger Niederschlag, welcher nach kurzer Zeit schuppig krystallinisch wurde, und alle Eigenschaften besaß, welche nach Otto jenes Doppelsalz charakterisiren. Es enthielt viel Ammoniak.

Die Analyse dieser Verbindung gab folgende Resultate:

Bei 110° bis 120° C. getrocknet verlor sie nur wenige Milligramme hygroskopischen Wassers. 0,9965 Grm. der bei 110° bis 120° getrockneten Substanz verloren beim Glühen 0,2343 Grm. = 23,51 Proc. Wasser und Ammoniak. 0,7477 Grm. der geglühten Substanz gaben, nach derselben Methode wie das saure phosphorsaure Salz analysirt, 0,403 Grm. Manganoxydoxydul und 0,592 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia. Dies entspricht 0,3749 Grm. oder 50,14 Proc. Manganoxydul und 0,3751 Grm. oder 50,17 Proc. Phosphorsäure. Dies beträgt auf 100 Theile der bei 110° bis 120° getrockneten Verbindung 38,35 Proc. Manganoxydul und 38,37 Proc. Phosphorsäure. Die Bestimmung des Ammoniaks habe ich unterlassen, weil diese Zahlen schon hinreichend die Identität dieses Salzes mit dem von Otto entdeckten nachweisen.

	Heintz.	Otto.	Berechnet.
Wasser	23,51	15,14	14,48
Ammoniak		9,16	9,12
Manganoxydul	38,35	37,84	38,14
Phosphorsäure	38,37	37,86	38,26
	<b>100,23</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Nach den bisher angeführten Versuchen war es noch nicht gelungen eine zwischen den beiden zuerst angeführten Salzen stehende Verbindung herzustellen, welche auf einen Atom der Säure zwei der fixen Base enthielte. Zunächst versuchte ich, ob sie sich bilden möchte, wenn schwefelsaures Manganoxydul aus seiner Lösung unvollständig durch eine Lösung von gewöhnlichem phosphorsauren Natron gefällt wird. Es fand sich jedoch, dass nicht allein der so erhaltene Niederschlag ganz die physikalischen Eigenschaften des durch einen Ueberschuss dieses Reagens dargestellten hat, sondern auch die Flüssigkeit dadurch eine saure Reaction erhält. Aus diesem letzteren Umstände folgt, dass jener Niederschlag, wenn nicht allein, so doch zum Theil aus dem Salz mit drei Atomen fixer Basis besteht. Ich habe es deshalb nicht weiter untersucht.

Aus diesen Versuchen glaubte ich zunächst folgern zu müssen, dass die Verbindung, auf deren Darstellung es jetzt noch ankam, in Wasser löslich seyn möchte. Daher versuchte ich sie auf die Weise darzustellen, dass ich frisch gefälltes und gut ausgewaschenes  $\text{P Mn}^3$  mit reiner Phosphorsäure kochte, doch so, dass noch etwas jenes Salzes ungelöst blieb. Die Flüssigkeit wurde filtrirt und nach dem Verdunsten bis fast zur Syrupdicke zur Krystallisation bei Seite gestellt. Die von der Mutterlange getrennten Krystalle hatten ganz das Aussehen und die Eigenschaften des sauren phosphorsauren Manganoxyduls. Die Analyse bestätigte ihre Identität.

0,8205 Grm. desselben verloren bei  $110^\circ$  bis  $120^\circ$  C. 0,1095 Grm. oder 13,38 Proc., und nach dem Glühen noch 0,107 Grm. oder 13,04 Proc. Wasser. Aus dem Rest wurden erhalten 0,219 Grm. Manganoxydul und 0,6393 Grm.

pyrophosphorsaure Talkerde. Dies entspricht 24,83 Proc. Manganoxydul und 49,37 Proc. Phosphorsäure.

	Gefunden.	Berechnet.	
Krystallwasser	13,38	12,60	2 H
Basisches Wasser	13,04	12,60	2 H
Manganoxydul	24,83	24,88	Mn
Phosphorsäure	49,37	49,92	P
	100,62	100.	

Hienach ist es wohl als gewiss zu betrachten, dass, wenn die Phosphorsäure auch eine Verbindung mit zwei Atomen Manganoxydul eingehen möchte, diese Verbindung nicht in Wasser löslich seyn kann. Der Rückstand jedoch von dem  $\text{P.M}^a$ , welcher sich nicht mehr hatte lösen wollen, hatte eine krystallinische Structur angenommen, und es war daher wahrscheinlich, dass dieser Rückstand eben das gesuchte Salz sey. Dies bestätigte ich in der That durch spätere Versuche.

Indessen war es mir gelungen noch auf eine andere Weise diese Verbindung herzustellen, welche geeigneter ist, sie rein und in schönen, wenn gleich kleinen Krystallchen zu erhalten. Ich hatte nämlich eine Auflösung von Manganvitriol mit Essigsäure angesäuert und nun allmälig so viel gewöhnliches phosphorsaures Natron hinzugefügt, bis der zuerst immer wieder verschwindende Niederschlag bleibend wurde, während doch noch Mangan in der Auflösung zurückblieb. So war der Niederschlag auf das Filtrum gebracht worden. Am anderen Morgen fand ich nicht allein in dem Filtrat kleine Krystallchen der neuen Verbindung, sondern es stellte sich auch heraus, dass sich der zuerst amorphe Niederschlag auf dem Filtrum fast vollständig in solche Krystallchen umgewandelt hatte. Die aus dem Filtrat abgeschiedenen Krystalle wurden mit Wasser ausgewaschen, die auf dem Filtrum zurückgebliebenen dagegen zuerst durch Schlämmen mit Wasser von den nicht

krystallinischen Theilen getrennt, und dann gleichfalls vollständig ausgewaschen.

Es gelang mir übrigens gleichfalls diese Verbindung zu erhalten, wenn ich statt der Essigsäure eine andere Säure, z. B. Salzsäure oder Phosphorsäure, anwendete. Sie erzeugte sich dann jedoch langsamer.

Sie bildet kleine weisse körnige Krystalle, die, je grösser sie sind, um so mehr in's Röthliche spielen, und deren sehr complicirte Form ich nicht genauer ermitteln konnte. Sie löst sich in starken Säuren leicht auf, auch in Phosphorsäure, aber in Essigsäure nur schwer. In Wasser ist sie schwer, in Alkohol unlöslich.

Vor dem Löthrohr schmilzt diese Verbindung schwerer, als die beiden vorher besprochenen. Wird sie anhaltend in der äusseren Flamme stark erhitzt, so gelingt es endlich, sie zu einer schwarzen Perle zu blasen. Dabei wirft sie eben so, wie die beiden anderen Verbindungen, beim Zerplatzen lebhaftes Leuchten veranlassende Blasen. Zuweilen erhielt ich während des Blasens eine klare, fast farblose Perle, welche ich jedoch bei weiter fortgesetztem Erhitzen in der äusseren Flamme nicht wieder hervorzubringen vermochte. In der reducirenden Flamme wird die Perle endlich weiss und undurchsichtig.

Zu den Analysen dieser Verbindung bediente ich mich, um sicher zu gehen, der bei der zweiten Analyse des Salzes von der Formel  $\text{P Mn}^3 + 3\text{H} + 4\text{H}$  erwähnten Methode. Sie ergaben folgende Resultate:

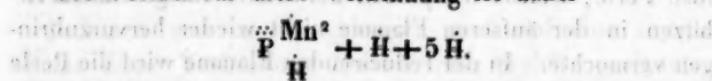
I. 0,9335 Grm. der aus dem Filtrat angeschossenen Krystalle verloren bei  $110^\circ$  bis  $120^\circ$  C. 0,2175 Grm. oder 23,30 Proc., und durch Glühen noch 0,0735 Grm. oder 7,87 Proc. Kurze Zeit war durch einen Zufall das Thermometer bis  $135^\circ$  C. gestiegen; daher ist erstere Zahl, wie die folgenden Analysen beweisen werden, etwas zu hoch ausgesunken. Der Rückstand lieferte 0,347 Grm. Manganoxydoxydul und 0,510 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia. Dies entspricht 0,3228 Grm. oder 34,58 Proc. Manganoxydul und 0,3231 Grm. oder 34,61 Proc. Phosphorsäure.

II. 1,003 Grm. der aus dem Niederschlage erhaltenen Krystalle verloren bei 110° bis 120° C. 0,2215 Grm. oder 22,09 Proc. und durch Glühen noch 0,090 Grm. oder 8,97 Proc. Wasser. Ferner wurden daraus erhalten 0,3713 Grm. Manganoxydoxydul und 0,5518 Grm. pyrophosphorsäure Talkerde, was 34,43 Proc. Manganoxydoxydul und 34,86 Proc. Phosphorsäure entspricht.

III. 0,898 Grm. dieser letzteren Krystalle verloren bei 110° bis 120° C. 0,1977 Grm. = 22,02 Proc., ferner bei 200° C. 0,038 Grm. = 4,23 Proc. und endlich durch Glühen 0,041 Grm. = 4,57 Proc. Wasser.

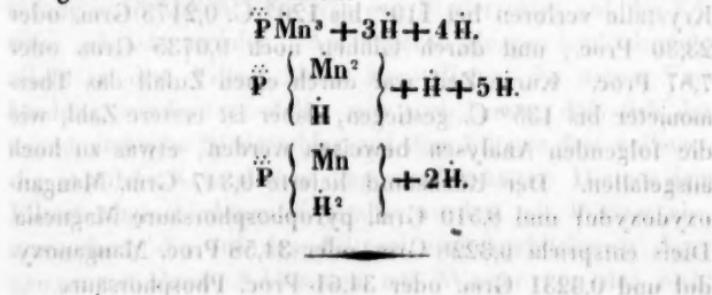
	I.	II.	III.	Berechn.
Wasser bei 100° bis 120° C.	23,30	22,09	22,02	21,90 5 H
Wasser bei 200° C.	7,87	8,97	4,23	4,38 1 H
Wasser beim Glühen			4,57	4,38 1 H
Manganoxydul	34,58	34,43	—	34,61 2 Mn
Phosphorsäure	34,61	34,86	—	34,73 1 P
	100,36	100,35		100.

Die Formel für diese Verbindung ist daher



Ein Atom basisches Wasser wird erst durch Glühen aus derselben ausgetrieben, und von den übrigen 6 Atomen, die sie enthält, werden fünf, schon bei 110° bis 120° C., verjagt.

Zum Schluss stelle ich die Formeln dieser drei Verbindungen nochmals zusammen:



**XI. Ueber das Wesen der braunen Farbe;**  
**von Ernst Brücke.**

(Gelesen in der physikal. Gesellschaft zu Berlin, am 23. Juni 1848.)

**D**as Braun wird im prismatischen Farbenbilde vermisst, und seine Stellung zu den Spectralfarben ist bisher unbekannt gewesen. Man kann sich jedoch leicht überzeugen, dass das Braun nichts anderes ist, als die Complementfarbe zu der der Herschel'schen lavendelgrauen Strahlen, d. h. das weisse Licht, nachdem aus ihm diese Strahlen hinweggenommen sind.

Zu diesem Ende spalte man von krystallisirtem Gyps einzelne Blättchen in der Weise ab, dass sie an einer Kante möglichst dünn sind, und von da an allmälig und in breiten Terrassen an Dicke zunehmen. Ein solches Blättchen bringe man unter ein Mikroskop, das mit zwei Nichol'schen Prismen, einem unter dem Object, einem auf dem Ocular, versehen ist, und stelle es bei parallelen Prismen und bei läufig zwanzigmaliger Vergrößerung (für 8 Par. Zoll Abstand) so ein, dass man die besagte dünne Kante im Sehfelde hat. Ist es hinreichend dünn, so sieht man unmittelbar an der Kante keine Farbe, wenn man aber gegen den dickeren Theil hin fortschreitet, so zeigt sich zuerst ein leichter Anflug von Braun, als ob man durch eine sehr dünne Hornplatte sähe, und wenn die Dicke des Plättchens allmälig und in breiten und niedrigen Terrassen steigt, so wird auch das Braun immer gesättigter bis zu einem tiefen und reinen Nussbraun, ohne dass dazwischen irgend eine der prismatischen Farben aufgetreten wäre, welche die dickeren Theile des Plättchens zeigen.

Es ist klar, dass das Plättchen an der Kante, wo es farblos durchsichtig erscheint, so dünn ist, dass der Gangunterschied des ordentlichen und außerordentlichen Strahls beim Austritte noch für keine Farbe eine halbe Wellen-

länge beträgt. Bei wachsender Dicke müssen also zuerst die allerbrechbarsten Strahlen zur Interferenz kommen, und das fragliche Braun muss dadurch entstanden seyn, dass die lavendelgrauen Strahlen aus dem gemischten Lichte schwanden.

Die Probe auf die Richtigkeit dieses Schlusses ist so gleich gemacht. Man kreuze die Prismen: dann sieht man, während für alle übrigen Farben des Plättchens die bekannten Complemente eintreten, den vorher braunen Theil sich lavendelgrau färben, und zwar ist die Lichtstärke dieser Farbe um so grösser, je gesättigter an der betreffenden Stelle das Braun war.

Königsberg, 11. Juni 1848.

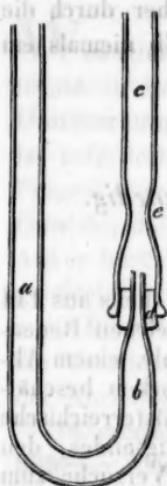
## XII. *Das Barometer von Lefranc* <sup>1)</sup>.

Jeder, der sich mit genauen Barometermessungen beschäftigt hat, kennt die Schwierigkeit, das Barometer längere Zeit vollkommen luftleer zu erhalten. Deshalb wurde auch die Einrichtung von Bunten mit grossem Beifalle aufgenommen. Es ist aber auch bekannt, dass das Bunten'sche Barometer nur von sehr geschickten Glasbläsern angefertigt werden kann, und sehr leicht dem Zerbrechen ausgesetzt ist, weshalb auch seine Anwendung sich sehr wenig verbreitet hat.

In den *Annales des ponts et chaussées* 1846, 2<sup>mo</sup> semestre, p. 316, beschreibt Hr. Lefranc ein Barometer, welches

1) Mitgetheilt von Hrn. Prof. Reich in Freiberg. — „Bisher,“ schreibt mir Derselbe unter dem 2. Juli d. J., „ist in Ihren Annalen noch nicht der von Lefranc dem Heberbarometer gegebenen Einrichtung erwähnt worden. Sie erscheint mir aber, nachdem ich sie wirklich ausgeführt habe, so vorzüglich, dass ich mir erlaube, Sie darauf aufmerksam zu machen, selbst auf die Gefahr hin, damit etwas sehr Unnöthiges zu thun.“ — (P.)

die Vorzüge des Buntens'chen besitzt, aber ganz frei von dessen Nachtheilen ist, denn es kann von Jedem, der nur einigermaßen Glasröhren zu biegen und auszuziehen versteht, leicht angefertigt werden, und ist dem Zerbrechen sehr wenig ausgesetzt. Deshalb dürfte eine kurze Angabe der wesentlichsten Verbesserung, die es darbietet, hier nicht am unrechten Orte seyn.



Die nebenstehende Figur zeigt einen Durchschnitt des unteren Theiles des Heberbarometers. Die Röhre *a* ist wie gewöhnlich heberförmig gebogen, und der kurze Schenkel *b* endigt nahe über dem Buge in einer conischen, höchstens noch 1<sup>mm</sup> Oeffnung darbietenden Spitz. Darüber wird ein guter, etwas conischer Kork, so gesteckt, dass die Spitz 8 bis 10<sup>mm</sup> über denselben herausragt. Auf diesem Kork steckt eine Glasröhre *c*, von der Weite und Beschaffenheit des langen Schenkels, welche unten etwas conisch erweitert, mit einem verdickten Rande versehen, und etwas darüber zu einer Verengung *e* ausgezogen ist.

Nachdem man die Haupröhre gefüllt und gut ausgekocht hat, so dass sie fast bis zur feinen Oeffnung des kurzen Schenkels voll Quecksilber ist, — was keine Schwierigkeit in der Ausführung darbietet, — steckt man den Kork auf, und auf diesen die Röhre *c*, umwickelt den Kork und die darunter und darüber befindlichen Röhrentheile mit einem Streifen mit Leimwasser bestrichener Blase, umbindet diese mit einem Faden, und richtet das Instrument auf, worauf sich das Quecksilber in die Röhre *c* ergießt. Es wird so viel nachgegossen, dass bei Neigung des Instruments das Quecksilber bis *e* steht.

Hr. Lefranc giebt noch ausführlich die Art des Verschlusses, die übrige Construction und die Art des Aufhängens an, in Bezug worauf auf die Quelle verwiesen werden mag. Aber zu erwähnen ist, dass man wohl thut,

den Kork <sup>und</sup> auf eine feste Unterlage aufzusetzen, damit man nicht Gefahr laufe durch das Eindrücken des Stöpsels in <sup>die</sup> beim Verschluß die Röhre im unteren Knie abzubrechen.

Außer dem Hauptvorzuge, der Luft keinen Zutritt zur Toricelli'schen Leere zu gestalten, hat dieses Barometer auch noch den, bei schnellem Neigen nicht dem Zerschlagenwerden ausgesetzt zu seyn, weil das Quecksilber durch die Oeffnung nur langsam nachtritt, und deshalb niemals ein sehr heftiges Anschlagen stattfindet.

### XIII. Artesische Brunnen zu Venedig.

Seither bezog Venedig seinen Wasserbedarf theils aus 144 öffentlichen und 1990 Privatcisternen, in welchen Regenwasser gesammelt wurde, theils aus der Seriole, einem Abzugskanal der Brenta, womit täglich viele Barken beschäftigt waren. Vom J. 1825 bis 1830 ließ die österreichische Regierung mehrere, aber wegen des Flugsandes, den man in der Tiefe antraf, immer vergebliche Versuche zum Erbohren artesischer Brunnen anstellen. Alle Hoffnung auf einen glücklichen Erfolg schien verschwunden, bis Hr. Degoussé aus Paris im August 1846 auf dem Platze Santa-Maria-Formosa einen neuen Versuch unternahm. Nach 6 monatlicher Arbeit erbohrte man in 61 Meter Tiefe ein hervorsprudelndes Wasser. Im April 1847 gelang der zweite Versuch auf dem Platze S. Paolo; die in 60 Meter Tiefe angetroffene Quelle liefert 250 Liter Wasser bis zu einer Höhe von 4 Meter über dem Boden. Gegenwärtig sind sechs artesische Brunnen vollendet und noch drei in Arbeit. Das Wasser enthält Kohlenwasserstoffgas und Kohlensäure; nachdem es aber diese Gase durch einiges Stehen an der Luft verloren hat, ist es vollkommen trinkbar und zu jedem häuslichen Bedarf tauglich. (Compt. rend., T. XXVI, p. 50.)